

COMUNE DI PISA

Piano Strutturale

ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI AMBIENTALI

(Artt. 5, 24, 32 della L.R. 5/95)

a cura di:
Ambiente Italia s.r.l.

gruppo di lavoro: arch. Dario Franchini
 ing. Orsola Bolognani
 arch. Cristina Pinazzi
 arch. Daniele Verdesca

settembre 1997

GRUPPO OPERATIVO

Coordinatore

Riccardo Ciuti

Aspetti urbanistici

Roberto Agostini, Gino Batini, Francesco Biondi, Cristiana Cristiani, Riccardo Davini, Alessandra Giuntini, Adalgisa Rubino, Adriana Sgolastra, Valeria Timpanidis

Aspetti geologici

Lorenza Bianchi, Ilaria Nardi, Francesco Paolo Nicoletti

Cartografia digitale

Francesco Biondi, Marina Bonfanti, Ilaria Nardi, Francesco Paolo Nicoletti, Paolo Sbrana

CONSULENTI

Coordinamento e relazione generale

Veziò De Lucia

Normativa

Luigi Scano

Aspetti ambientali

Dario Franchini, Orsola Bolognani, Cristina Pinazzi, Daniele Verdesca (Ambiente Italia s.r.l.)

Fattibilità economica

Vincenzo Bentivegna

Geologia, idraulica, idrogeologia

Andrea Merla, coll. Marcello Ghigliotti

Analisi demografiche

Marco Bottai, coll. Valeria Milani, coll. Moreno Toigo

Mobilità

Massimo Ferrini (T.A.G.E.S. s.r.l.)

Contributi

Francesco Martinelli, Mario Pasqualetti, Carlo Alberto Tomei, Maria Nicla Tragni

in copertina: Wassili Kandisky, *Punte nell'arco* (1927)

INDICE

1. ELEMENTI METODOLOGICI	4
1.1. Obiettivi ambientali degli atti di programmazione e pianificazione territoriale secondo la L.R. 5/95.4	4
1.1.1 Obiettivi validi per tutti gli strumenti	4
1.1.2 Obiettivi specifici del Piano Strutturale	5
1.1.3 Obiettivi specifici del Regolamento Urbanistico (art. 28)	6
1.1.4 Obiettivi specifici Programma Integrato d'Intervento (art. 29)	7
1.2. Che cosa valutare	8
1.3. La costruzione della Relazione sullo Stato dell'Ambiente quale prerequisito per la valutazione degli effetti	9
1.3.1. Raccolta e sistematizzazione dei dati	10
1.3.2 Costruzione del Sistema Informativo Ecosistema Urbano	12
1.4. Dalle conoscenze al piano: elementi per la valutazione	28
1.5. La valutazione di piani e programmi	30
2. RELAZIONE SULLO STATO DELL'AMBIENTE NELLA CITTÀ DI PISA, N° 0	31
2.1. Raccolta e sistematizzazione dei dati	31
2.2. Costruzione del Sistema Informativo Ecosistema Città di Pisa	39
2.2.1. Sistema acqua	39
2.2.2. Sistema aria	56
2.2.3. Sistema clima	76
2.2.4. Sistema energia	81
2.2.5. Sistema rifiuti	93
2.2.6. Sistema suolo e sottosuolo	108
2.2.7. Sistema aziende a rischio o insalubri	123
2.2.7. Sistema radiazioni non ionizzanti	125
Grafici e tabelle: qualità acque superficiali	126
A1.1. Bacino Pisa Nord	126
A1.2. Bacino Pisa Sud-Est: Riglione, Oratoio, Ospedaletto	128
A1.3. Bacino Pisa Sud	130
A1.4. Fiume Arno	134
Grafici e tabelle: qualità dell'aria	135
A2.1. Dati rilevati dalla centralina fissa ubicata in via Conte Fazio nel 1995	135
A2.2. Dati rilevati dalla centralina fissa ubicata in via Contessa Matilde nel 1995	138
A2.3. Dati rilevati dalla centralina fissa ubicata in piazza Guerrazzi nel 1995	139
A2.4. Dati rilevati dalla centralina fissa ubicata nel Giardino Scotto nel 1995	140
Grafici e tabelle: energia	143
3. CONDIZIONI DI FRAGILITÀ AMBIENTALE	153
3.1. Sistema acqua	153
3.2. Sistema aria	154
3.3. Sistema clima	154
3.4. Sistema energia	155
3.5. Sistema rifiuti	155
3.6. Sistema suolo e sottosuolo	156
3.7. Sistema aziende a rischio e insalubri	156
3.8. Sistema radiazioni non ionizzanti	156
3.9. Sistema delle conoscenze	156

4. DATI PER UTOE	157
4.1. Sistema acqua	157
4.2. Sistema aria	165
4.3. Sistema energia	171
4.4. Sistema rifiuti	185
4.5. Sistema aziende a rischio o insalubri	186
CARTOGRAFIA	187
Tavola: Sistema Territoriale: Sezioni Censuari Istat e Utoe	187
Tavola: Risorse idriche: Consumo Acque Idropotabili	188
Tavola: Risorse idriche: Consumo Acque Idropotabili (Utoe)	189
Tavola: Risorse Idriche: Potenzialità e Connessione alla Depurazione	190
Tavola: Pressioni Urbane: Produzione Rifiuti	191
Tavola: Sistema Energetico Urbano: Bilancio Consumi 90/96	192
Tavola: Bilancio Emissioni 90/96: CO2	193
Tavola: Bilancio Emissioni 90/96: NOx	194

1. ELEMENTI METODOLOGICI

1.1. Obiettivi ambientali degli atti di programmazione e pianificazione territoriale secondo la L.R. 5/95.

La legge 5/95 incentra la sua azione di governo sul concetto di **sviluppo sostenibile** e, di conseguenza sull'**uso sostenibile delle risorse** che così deve essere definito:

uso delle **risorse rinnovabili** con un tasso di utilizzo pari alla capacità della risorsa di rinnovarsi

progressiva sostituzione delle **risorse non rinnovabili**, mediante l'utilizzo di risorse rinnovabili usate in modo sostenibile

Detto in altri termini:

$$I = P \times M \times T \leq C.C.$$

ossia l'impatto causato dalle attività umane è pari alla popolazione per il numero di manufatti detenuti da ogni membro per la qualità ambientale/tecnologica del manufatto: il prodotto deve essere minore o, al più, uguale alla capacità di carico del territorio, ovvero alla possibilità di mantenimento dello stock di risorse disponibile.

A tal fine, la legge pone:

- ⇒ **obiettivi di efficienza ambientale validi per tutti gli strumenti**
- ⇒ **obiettivi di efficienza ambientale specifici per ogni strumento.**

che possono essere, complessivamente, suddivisi in:

1. **obiettivi di conoscenza dei sistemi ambientali**
2. **obiettivi di tutela dei sistemi ambientali**
3. **obiettivi di valutazione ambientale delle trasformazioni**
4. **obiettivi prestazionali ambientali degli insediamenti**

1.1.1 *Obiettivi validi per tutti gli strumenti*

Obiettivi di conoscenza dei sistemi ambientali

Tra questi individuiamo la costruzione del SIT (art. 4) e più specificamente l'individuazione delle risorse naturali, quali componenti essenziali delle risorse fondamentali (art. 2):

- ⇒ **aria**
- ⇒ **acqua**
- ⇒ **suolo**
- ⇒ **ecosistemi di fauna e flora**

Poiché esse esprimono gli equilibri ambientali e lo stato di salute dell'ecosistema generale a fronte dei quali valutare la sostenibilità, si presume che di esse vada, conosciuta la quantità, la qualità, lo stato di conservazione/degrado, la correttezza, o meno, dei sistemi di regolazione (stato climatico della vegetazione, stato delle catene trofiche, livelli di sensibilità e criticità delle risorse...): da tale conoscenza discende l'individuazione di invarianti ambientali.

Obiettivi di tutela dei sistemi ambientali (art. 5)

- ⇒ protezione delle bellezze naturali
- ⇒ tutela delle zone di particolare interesse ambientale
- ⇒ nessuna riduzione significativa ed irreversibile delle risorse naturali
- ⇒ nuovi impegni di suolo condizionati dall'impossibilità del riuso e della riorganizzazione
- ⇒ invarianti strutturali del territorio

Obiettivi di valutazione degli effetti ambientali delle trasformazioni (art. 5)

- ⇒ le azioni di trasformazione del territorio sono soggette a procedure preventive di valutazione degli effetti ambientali

Obiettivi prestazionali ambientali degli insediamenti (art. 5)

- ⇒ nuovi impegni di suolo devono concorrere alla prevenzione ed al recupero del degrado ambientale
- ⇒ (per ogni intervento) sono comunque da garantire:
 1. approvvigionamento idrico e depurazione
 2. difesa del suolo
 3. messa in sicurezza da esondazioni e/o frane
 4. smaltimento rifiuti solidi
 5. disponibilità di energia
 6. mobilità
- ⇒ corretta distribuzione delle funzioni per l'integrazione tra organizzazione degli spazi e organizzazione dei tempi

1.1.2. Obiettivi specifici del Piano Strutturale

Obiettivi di conoscenza dei sistemi ambientali

- ⇒ quadro conoscitivo dettagliato al livello comunale delle risorse individuate dal PTC: risorse essenziali - vulnerabilità/riproducibilità in riferimento ai sistemi ambientali locali (art. 16)
- ⇒ individuazione dei sistemi e sottosistemi ambientali (art.24)
- ⇒ elementi per la valutazione ai sensi dell'art. 32 (art.24)
 1. aree e dei beni di rilevanza ambientale;

2. stato delle risorse soggette a modificazione;
3. livelli di criticità delle aree e delle risorse interessate;
4. il suolo,
5. l'acqua,
6. l'aria,
7. le condizioni microclimatiche,
8. il patrimonio culturale,
9. la fauna e la flora,
10. gli insediamenti,
11. i fattori socio-economici

⇒ statuto dei luoghi (art.24)

⇒ attività svolte sul territorio (art.24)

Obiettivi di tutela dei sistemi ambientali (art.24)

- ⇒ individuazione delle invarianti - specificazione della disciplina degli aspetti paesistici e ambientali
- ⇒ divisione del territorio comunale in unità territoriali organiche elementari, corrispondenti a sub-sistemi ambientali

Obiettivi di valutazione degli effetti ambientali delle trasformazioni (art. 32)

Gli atti di pianificazione territoriale del Comune ... contengono ... la valutazione degli effetti ambientali:

- ⇒ l'indicazione delle finalità degli interventi previsti e dei motivi delle scelte rispetto ad altre alternative;
- ⇒ la descrizione delle azioni previste e dei loro prevedibili impatti sull'ambiente;
- ⇒ l'indicazione delle misure idonee ad evitare, ridurre o compensare gli effetti negativi sull'ambiente, individuando la disponibilità delle risorse economiche da impiegare;
- ⇒ l'accertamento del rispetto delle norme igienico-sanitarie, limitatamente alle previsioni di insediamenti industriali e di attività produttive in genere, avvalendosi del parere preventivo delle strutture competenti per i controlli ambientali.
- ⇒ la valutazione degli effetti ambientali relativamente ai seguenti fattori e alle loro interrelazioni: il suolo, l'acqua, l'aria, le condizioni microclimatiche, il patrimonio culturale, la fauna e la flora, gli insediamenti, i fattori socio-economici.

Obiettivi prestazionali ambientali degli insediamenti

- ⇒ dimensioni massime ammissibili degli insediamenti e delle funzioni, nonché delle infrastrutture e dei servizi necessari, in ciascuna unità territoriale organica elementare
- ⇒ riorganizzazione dei tempi, degli orari e della mobilità

1.1.3 Obiettivi specifici del Regolamento Urbanistico (art. 28)

Nel regolamento urbanistico non sono previsti obiettivi specificamente ambientali: è presumibile, quindi, che valgano gli obiettivi validi per tutti gli strumenti ed in particolare quelli relativi agli obiettivi di valutazione (art. 32) e prestazionali (art. 5).

Ne discendono gli obiettivi di conoscenza e di tutela.

Poiché si entra nel campo delle trasformazioni compiutamente definite, lo schema valutativo si avvicina a quella classico della VIA.

1.1.4 Obiettivi specifici Programma Integrato d'Intervento (art. 29)

Obiettivi di conoscenza dei sistemi ambientali

⇒ individuazione delle risorse utilizzate dal PII

Obiettivi di tutela dei sistemi ambientali

⇒ nessuna specificazione

Obiettivi di valutazione degli effetti ambientali delle trasformazioni

⇒ valutazione degli effetti sui sistemi ambientali

Obiettivi prestazionali ambientali degli insediamenti

⇒ nessuna specificazione

1.2. Che cosa valutare

Come si vede, il livello di dettaglio sui temi specificatamente ambientali è inversamente proporzionale all'operatività del piano, in controtendenza con quanto si è sempre affermato relativamente all'efficacia delle applicazioni della VIA ai progetti.

E' da ritenersi, quindi, che il legislatore, affidi agli strumenti strategici la verifica ambientale delle condizioni per la trasformazione e agli strumenti operativi la verifica definitiva e l'applicazione di misure di mitigazione degli impatti.

Nel primo caso (degli strumenti strategici) il tutto è condizionato dalla messa a punto di una contabilità territoriale dello stock di risorse disponibili, al fine di consentirne un bilancio, ossia un'attribuzione di parti a scenari diversi di sviluppo, che saranno previsti nel piano.

A questo livello, la valutazione ambientale consiste nella creazione di un sistema di informazioni, sui sistemi ambientali, che pongono condizioni, quantitative al dimensionamento e localizzative alle scelte di piano ed individuano gli obiettivi prestazionali degli insediamenti al fine del mantenimento e/o dell'incremento della qualità ambientale.

Più semplice, sia perché più facilmente desumibile dalla legge (art. 32), sia perché già oggetto di letteratura specialistica la valutazione degli effetti ambientali degli strumenti operativi.

In questo caso, la valutazione, fatto salvo quanto già definito negli strumenti strategici, opererà sul confronto di diverse opzioni di sito, dimensione, tecnologia e sulla redazione di misure di mitigazione.

Ne consegue che negli strumenti strategici dovranno essere forniti le informazioni, i metodi ed i criteri per la valutazione, che saranno applicati agli strumenti operativi.

1.3. La costruzione della Relazione sullo Stato dell'Ambiente quale prerequisito per la valutazione degli effetti

Dall'esame precedente del testo normativo è possibile elencare quali informazioni la L.R. 5/95 ha ritenuto necessarie per poter adempiere alla scelta strategica dello sviluppo sostenibile.

I temi ambientali per i quali necessita una qualche forma di conoscenza sono, nell'ordine:

- ⇒ aria
- ⇒ acqua
- ⇒ suolo
- ⇒ ecosistemi di fauna e flora (art. 2)

ma anche:

- ⇒ bellezze naturali
- ⇒ zone di particolare interesse ambientale
- ⇒ rifiuti solidi
- ⇒ energia (art. 5)

che vengono nuovamente individuate all'art. 32.

Si tratta, quindi, di produrre un'aggregazione significativa dei dati disponibili (Sistema Informativo Ecosistema Urbano) attraverso i seguenti passaggi:

- ⇒ raccolta dei dati disponibili
- ⇒ elaborazione e derivazione di stime per i dati mancanti
- ⇒ elaborazione di indici sintetici e facilmente comunicabili
- ⇒ trasferimento delle informazioni su cartografia numerica
- ⇒ redazione di mappe sintetiche (mediante tecniche di overlay), che tengano conto dei fattori di vulnerabilità, sensibilità e criticità dei sistemi ambientali

La logica di aggregazione deriva dalle strutture ambientali stesse, ossia una logica di sistema, sempre considerando, tuttavia, la particolarità dell'ambiente urbano.

Vengono quindi individuati i seguenti sistemi:

- ⇒ sistema acqua
- ⇒ sistema aria
- ⇒ sistema clima
- ⇒ sistema energia
- ⇒ sistema suolo e sottosuolo
- ⇒ sistema rifiuti
- ⇒ sistema aziende insalubri
- ⇒ sistema radiazioni non ionizzanti

e nell'aggregazione al fine dell'elaborazione di indici si suddividono gli indicatori in funzione dello stato delle risorse, della pressione antropica e delle politiche di controllo, protezione e risanamento.

Il Sistema Informativo per l'Ecosistema Urbano così costruito diventa uno strumento che consente:

- di leggere e definire lo stato quali-quantitativo dell'ecosistema urbano;
- di individuare ed interpretare i carichi e le pressioni sulle risorse locali;
- di definire le linee guida per la valutazione preventiva degli effetti delle scelte di piano;
- di verificare le compatibilità tra le caratteristiche dell'ecosistema urbano e le scelte indotte dal piano;
- di strutturare la lettura degli incroci tra elementi del piano e suscettività ambientali presenti;
- di implementare la qualità pianificatoria in materia di localizzazione;

Vediamo ora nel dettaglio quali passaggi portano alla costruzione di un tale sistema.

1.3.1. Raccolta e sistematizzazione dei dati

Il primo passaggio fondamentale per la costruzione di un Sistema Informativo Ecosistema Urbano consiste nell'individuazione e nella raccolta dei dati disponibili relativi ai sistemi acqua, aria, clima, energia, rifiuti, suolo e aziende a rischio o insalubri.

In questa fase di lavoro un'utile strumento operativo è la lista di controllo, cioè un elenco di tutte le voci che possono contribuire, per un dato territorio, a caratterizzare i diversi sistemi ambientali. A livello generale le liste di controllo possono essere costruite seguendo lo schema riportato nella tabella seguente:

A	ACQUE
A1	Acque superficiali
A2	Acque sotterranee
A3	Reti idriche
A4	Impianti di depurazione
AR	ARIA
AR1	Emissioni industriali
AR2	Emissioni urbane
AR3	Deposizioni acide
AR4	Inquinamento acustico
C	CLIMA
C1	Sistema meteorologico
E	ENERGIA
E1	Energia industriale
E2	Energia civile
E3	Emissioni inquinanti
R	RIFIUTI
R1	Rifiuti di origine industriale
R2	Rifiuti urbani
R3	Raccolta differenziata
R4	Riutilizzo/riciclaggio/recupero

R5	Smaltimento
S	SUOLO
S1	Geologia e geomorfologia
S2	Idrologia
S3	Idrogeologia
S3	Sistema vegetazionale
S4	Veicoli di contaminazione
S5	Uso del suolo
AZ	AZIENDE
AZ1	Aziende insalubri
AZ2	Aziende a rischio
RD	RADIAZIONI
RD1	Radiazioni non ionizzanti

Partendo da questo schema generale, per ogni territorio devono essere individuate le voci specifiche atte a caratterizzare i diversi sistemi. Considerando ad esempio il sistema acqua, alla voce generale acque superficiali, si potranno aggiungere le voci specifiche indicate nella tabella seguente:

A1	Acque superficiali
1.	Portata
2.	Prelievi
2.1.	<i>uso idropotabile</i>
2.2.	<i>uso industriale</i>
2.3.	<i>uso irriguo</i>
3.	Qualità acque
3.1.	<i>parametri chimici</i>
3.2.	<i>parametri biologici</i>
3.3.	<i>parametri fisici</i>
4.	Qualità acque di balneazione

Una volta costruite le liste di controllo, si procede alla verifica della tipologia e della disponibilità dei dati indicati nelle liste stesse. Si compilano cioè le liste di controllo utilizzando una legenda analoga a quella di seguito riportata:

TIPOLOGIA	SIMBOLO
Completo	■
Parziale	●
Insufficiente	○
Assente	□
Da stimare	▣
Non rilevante	N
DISPONIBILITÀ	SIMBOLO
Disponibile	◆
Non disponibile	◇
Ricevuto	☑
Non ricevuto	☒

Individuati e raccolti tutti i dati disponibili, si deve quindi passare alla successiva fase di elaborazione per arrivare alla costruzione di indici sintetici e al trasferimento delle informazioni su cartografia numerica.

Il passaggio fondamentale in questa fase di lavoro consiste nella selezione di un coerente insieme di indici, in grado di caratterizzare i sistemi ambientali analizzati. Nell'aggregazione dei dati al fine dell'elaborazione di indici si suddividono gli indicatori in funzione dello stato delle risorse, della pressione antropica e delle politiche di controllo, protezione e risanamento. La scelta dei tematismi e la conseguente strutturazione dei fattori di stato/pressione/politiche deve essere ogni volta ricalibrata in base alle peculiarità del territorio considerato. Nei successivi paragrafi viene comunque riportato uno schema generale che può essere seguito per portare a termine questa fase di lavoro. Per ogni sistema ambientale (aria, acqua, etc.) vengono cioè indicati i subsettori e i tematismi che generalmente devono essere considerati nell'analizzare lo stato dell'ambiente in un ecosistema urbano.

1.3.2 Costruzione del Sistema Informativo Ecosistema Urbano

Sistema acqua

Sub-Settori

- **Civile**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'acqua fanno riferimento alle funzioni urbane residenziali e terziarie, in relazione ai consumi idropotabili, ed ai conseguenti scarichi di reflui inquinanti.

Capitolo specifico è redatto per le grandi utenze pubbliche (ospedali, uffici, scuole, etc.), private (condomini, unità abitative, etc.), terziarie e/o commerciali (banche, supermercati, laboratori).

- **Industriale**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'acqua fanno riferimento alle funzioni urbane dell'industria e degli insediamenti produttivi, in relazione ai consumi idrici di processo e di raffreddamento, ed ai conseguenti scarichi di reflui inquinanti.

- **Agricoltura**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'acqua fanno riferimento alle funzioni extra-urbane di coltivazione e produzione agricola, ed ai conseguenti consumi per l'irrigazione.

- **Turismo**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'acqua fanno riferimento alle funzioni turistiche costiere, ed ai relativi consumi e potenzialità di riciclo. Capitolo specifico è redatto per lo stato di qualità delle acque di balneazione.

Indicatori di pressione

- **Fabbisogni civili**

Obiettivo del tematismo è il calcolo dell'effettivo fabbisogno idropotabile della popolazione residenziale e terziaria presente nel tessuto urbano.

Il calcolo si basa sulla stima della popolazione insediata.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di efficienza nell'uso della risorsa in rapporto ai consumi effettivi.

- **Consumi civili**

Obiettivo del tematismo è georeferenziare al territorio il livello dei consumi idropotabili effettivi della popolazione residenziale e terziaria presente nel tessuto urbano.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione del livello urbano di pressione sulla risorsa (derivanti dal sistema civile).

Il dato è un indicatore indiretto delle potenzialità di cessione idrica del sistema civile al comparto industriale e/o produttivo.

- **Rapporto fabbisogno/consumi (entropia idrica)**

Obiettivo del tematismo è il calcolo del livello di dissipazione idrica (entropia) esistente nel tessuto urbano, derivante dalle funzioni idropotabili residenziali e terziarie.

I dati derivano dalla contemporanea lettura dei tematismi dei fabbisogni e dei consumi idrici.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione dei livelli di riduzione della pressione idrico-ambientale derivante dalle scelte di pianificazione urbana.

- **Consumi industriali**

Obiettivo del tematismo è calcolare il livello dei consumi idrici per le funzioni produttive presenti nel tessuto urbano.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione del livello urbano di pressione sulla risorsa (derivanti dalla produzione industriale).

Il tematismo è un indicatore indiretto delle potenzialità di riciclo idrico del sistema industriale e/o produttivo dal comparto civile.

- **Consumi agricoli**

Obiettivo del tematismo è calcolare il livello dei consumi idrici per lo svolgimento delle funzioni di irrigazione.

Il calcolo si basa sulla stima delle aree coltivate e della loro tipologia di coltivazione ed irrigazione.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di pressione sulla risorsa idrica.

- **Consumi turismo**

Obiettivo del tematismo è calcolare il livello dei consumi idrici per lo svolgimento delle funzioni turistiche nel periodo estivo.

Il calcolo si basa sulla stima dei flussi turistici stanziali e stagionali e della loro tipologia ricreativa .

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di pressione sulla risorsa idrica durante il periodo di maggior concentrazione turistica, e le relative potenzialità di riciclo e riuso.

- **Rapporto tra consumo idrico e quantità acque depurate**

Obiettivo del tematismo è il calcolo del livello di deficit depurativo esistente nel territorio comunale, derivante dalle funzioni civili, industriali, turistiche.

I dati derivano dalla lettura contemporanea dei tematismi dei consumi complessivi delle funzioni installate sul territorio e della popolazione ed utenze industriali serviti dalla rete fognaria.

Il tematismo è la base per la valutazione dei livelli di riduzione della pressione idrico-ambientale derivante dalle scelte di pianificazione urbana.

- **Pozzi**

Obiettivo del tematismo è la localizzazione dei pozzi utilizzati per l'approvvigionamento idrico civile, industriale ed agricolo.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di pressione quantitativa sulle risorse idriche sotterranee.

- **Scarichi dei reflui industriali nei corpi idrici superficiali**

Obiettivo del tematismo è la qualificazione e quantificazione, per corpo idrico superficiale, degli scarichi dei reflui industriali.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione del livello di pressione quali-quantitativa sui corpi idrici superficiali.

Indicatori di stato

- **Qualità acque superficiali**

Obiettivo del tematismo è il calcolo del livello di qualità chimica, fisica e biologica delle acque superficiali costituenti il reticolo idrografico del territorio comunale.

Il calcolo si basa sulla costruzione di un indice di qualità delle acque, che tenga conto di parametri chimici, fisici e biologici.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di stress dei singoli corpi idrici e della sua relazione con i fattori di pressione individuati.

- **Qualità acque sotterranee**

Obiettivo del tematismo è il calcolo del livello di qualità chimica e fisica delle acque sotterranee degli acquiferi presenti nel territorio comunale.

Il calcolo si basa sulla costruzione di un indice di qualità delle acque, che tenga conto di parametri chimici e fisici.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di stress qualitativo degli acquiferi e della sua relazione con i fattori di pressione individuati.

- **Qualità acque di balneazione**

Obiettivo del tematismo è il calcolo della balneabilità e dello stato trofico delle acque costiere del territorio comunale.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di stress delle acque costiere e della sua relazione con i fattori di pressione individuati.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Rete acquedottistica**

Obiettivo del tematismo è calcolare l'efficienza della rete di approvvigionamento idrico, attraverso la valutazione della disponibilità di fonti di approvvigionamento idropotabile, del numero di utenze servite dalla rete di distribuzione, della dotazione idrica pro-capite e delle dispersioni di acqua della rete.

Il tematismo è la base per la valutazione delle possibilità di riduzione della pressione sulle risorse idriche sotterranee agendo sul livello di efficienza della rete acquedottistica.

- **Rete fognaria**

Obiettivo del tematismo è la valutazione del livello di efficienza della rete fognaria comunale.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat, evidenziando le aree di pertinenza di ogni impianto di depurazione presente sul territorio comunale.

Il tematismo è la base per la valutazione del deficit depurativo e dei livelli di riduzione della pressione idrico-ambientale conseguibile attraverso il potenziamento della rete fognaria.

- **Impianti di depurazione**

Obiettivo del tematismo è la valutazione dello stato di efficienza degli impianti di depurazione e del loro grado di utilizzo in relazione alle potenzialità effettive.

Il tematismo è la base per la valutazione delle necessità e possibilità di potenziamento o maggiore utilizzo del sistema di depurazione.

- **Sistema di monitoraggio**

Obiettivo del tematismo è la valutazione dell'efficienza del sistema di monitoraggio della qualità delle acque superficiali, sotterranee e di balneazione.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di rappresentatività dello stress delle acque conseguibile con l'attuale sistema di monitoraggio e delle eventuali esigenze di potenziamento.

Sistema aria

Sub-Settori

- **Civile**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'aria fanno riferimento alle funzioni urbane residenziali e terziarie, in relazione alle emissioni in atmosfera conseguenti ai processi di termoregolazione.

- **Industriale**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'aria fanno riferimento alle funzioni urbane dell'industria e degli insediamenti produttivi, in relazione alle emissioni in atmosfera dai processi industriali e di combustione.

Capitolo specifico è redatto per le sorgenti più rilevanti di emissione e per le funzioni di termocombustione dei residui di produzione e/o urbani.

- **Trasporti**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'aria fanno riferimento alle funzioni urbane della mobilità privata e pubblica, in relazione alle emissioni in atmosfera.

Indicatori di pressione

- **Sorgenti di emissione fisse**

Obiettivo del tematismo è georeferenziare al territorio le principali sorgenti di emissione fisse (civili e industriali, puntuali e areali) presenti sul territorio comunale.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione della distribuzione territoriale della pressione esercitata sul sistema aria.

- **Flussi di traffico**

Obiettivo del tematismo è valutare l'entità e la distribuzione territoriale dei flussi di traffico e delle relative emissioni inquinanti.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

Il tematismo è una delle basi per la valutazione della distribuzione territoriale della pressione esercitata sul sistema aria e dei livelli di riduzione della pressione conseguibili attraverso interventi di riorganizzazione della mobilità.

- **Quantità emissioni inquinanti e/o climalteranti di origine industriale**

Obiettivo del tematismo è la stima del livello di emissioni inquinanti esistenti nel territorio urbano, derivanti da funzioni produttive.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

Il tematismo è una delle basi per la valutazione della distribuzione territoriale della pressione esercitata sul sistema aria e dei livelli di riduzione della pressione conseguibili dalle scelte di pianificazione.

- **Quantità emissioni inquinanti e/o climalteranti di origine civile**

Obiettivo del tematismo è la stima del livello di emissioni inquinanti esistenti nel territorio urbano, derivanti da funzioni di termoregolazione residenziale e terziaria.

La stima è effettuata con l'uso del modello Corinair.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

Il tematismo è una delle basi per la valutazione della distribuzione territoriale della pressione esercitata sul sistema aria e dei livelli di riduzione della pressione conseguibili dalle scelte di pianificazione.

- **Quantità emissioni inquinanti e/o climalteranti da trasporti**

Obiettivo del tematismo è la stima del livello di emissioni inquinanti esistenti nel territorio urbano, derivanti dalle funzioni di trasporto privato e pubblico.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

Il tematismo è una delle basi per la valutazione della distribuzione territoriale della pressione esercitata sul sistema aria e dei livelli di riduzione della pressione conseguibili attraverso interventi di riorganizzazione della mobilità.

Indicatori di stato

- **Qualità dell'aria**

Obiettivo del tematismo è la determinazione del livello di qualità dell'aria nel territorio comunale attraverso la valutazione di parametri chimici e indicatori biologici.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione della distribuzione territoriale del livello di stress del sistema aria e della sua relazione con i fattori di pressione individuati.

- **Deposizioni acide**

Obiettivo del tematismo è il calcolo della presenza e quantità di inquinanti nelle acque di pioggia.

Il tematismo è un indicatore indiretto dei danni causati dall'inquinamento atmosferico agli altri sistemi ambientali (acqua, suolo e vegetazione).

- **Inquinamento acustico**

Obiettivo del tematismo è la determinazione del livello di inquinamento acustico nel territorio comunale, attraverso la valutazione dei livelli sonori rilevati.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione della distribuzione territoriale dei livelli sonori e della loro relazione con i fattori di pressione individuati.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Rete di rilevamento**

Obiettivo del tematismo è la valutazione dell'efficienza del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione del livello di rappresentatività dello stress del sistema aria conseguibile con l'attuale sistema di monitoraggio e delle eventuali esigenze di potenziamento.

- **Politiche di riduzione del traffico**

Obiettivo del tematismo è la valutazione dell'efficacia delle politiche di gestione della mobilità urbana ai fini della riduzione del traffico veicolare.

Il tematismo è la base per la valutazione delle necessità di potenziare i provvedimenti di limitazione della circolazione veicolare (Z.T.L., percorsi pedonali, piste ciclabili), anche in funzione del livello di riduzione dell'inquinamento conseguibile.

- **Livello di efficienza del trasporto pubblico**

Obiettivo del tematismo è la valutazione del rapporto tra domanda e offerta di trasporto pubblico urbano.

Il tematismo è la base per l'individuazione delle necessità di potenziamento del trasporto pubblico, anche in funzione del livello di riduzione dell'inquinamento conseguibile.

Sistema clima

Questo sistema viene analizzato per la sua interrelazione con il sistema aria, ai fini della dispersione delle emissioni inquinanti, e con il sistema energia, ai fini dei fabbisogni di termoregolazione e dei relativi consumi energetici. I tematismi sono pertanto sviluppati con queste finalità.

L'obiettivo di tutti i tematismi (frequenza delle calme di vento, frequenza delle inversioni termiche, soleggiamento, temperatura, piovosità), che sono sviluppati in forma di relazione, è pertanto quello di fornire ulteriori indicatori dei fabbisogni energetici e dell'impatto delle emissioni inquinanti. In particolare, per quanto riguarda la dispersione degli inquinanti, gli indicatori meteorologici costituiscono la base per individuare elementi di criticità del sistema aria.

Sistema energia

Sub-Settori

- **Civile**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'energia fanno riferimento alle funzioni urbane residenziali e terziarie, in relazione sia ai fabbisogni di calore e freddo per la termoregolazione, sia ai conseguenti consumi e relative emissioni.

Capitolo specifico è redatto per le grandi utenze pubbliche (ospedali, uffici, scuole, etc.), private (condomini, unità abitative, etc.), terziarie e/o commerciali (banche, supermercati, laboratori).

- **Industriale**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'energia fanno riferimento alle funzioni urbane dell'industria e degli insediamenti produttivi, in relazione ai consumi termici ed elettrici di processo e relative emissioni.

Capitolo specifico è redatto per gli autoproduttori di energia (cogenerazione) e per le funzioni di termocombustione dei residui di produzione e/o urbani.

- **Trasporti**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'energia fanno riferimento sia alle funzioni urbane della mobilità privata e pubblica, sia ai consumi di combustibili fossili e relative emissioni.

Capitolo specifico è redatto per i sistemi di trasporto pubblico di superficie.

- **Autoproduzione**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dell'energia fanno riferimento alle funzioni urbane di cogenerazione e teleriscaldamento delocalizzato.

Capitolo specifico è redatto per i sistemi (attivi o potenziali) delle grandi utenze, e per il recupero energetico dalla termocombustione dei rifiuti.

Indicatori di pressione

- **Fabbisogni civili**

Obiettivo del tematismo è il calcolo dell'effettivo fabbisogno termico dell'edificato residenziale e terziario presente nel tessuto urbano.

Il calcolo si basa sulla stima delle caratteristiche volumetriche e termofisiche degli edifici.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione della fattibilità tecnica ed economica delle reti di teleriscaldamento e/o di cogenerazione delocalizzata.

- **Consumi civili**

Obiettivo del tematismo è georeferenziare al territorio il livello dei consumi di combustibili fossili per la termoregolazione dell'edificato residenziale e terziario presente nel tessuto urbano.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione del livello urbano di emissione delle sostanze inquinanti (derivanti dalla termoregolazione civile).

- **Rapporto fabbisogno/consumi (entropia energetica)**

Obiettivo del tematismo è il calcolo del livello di dissipazione energetica (entropia) esistente nel tessuto urbano, derivante dalle funzioni di termoregolazione residenziale e terziaria.

I dati derivano dalla lettura contemporanea dei tematismi dei fabbisogni e dei consumi.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione dei livelli di riduzione della pressione energetico-ambientale derivante dalle scelte di pianificazione urbana.

- **Consumi industriali**

Obiettivo del tematismo è calcolare il livello dei consumi di combustibili fossili per le funzioni produttive presenti nel tessuto

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione del livello urbano di emissione delle sostanze inquinanti (derivanti dalla produzione industriale).

Il dato è un indicatore indiretto delle potenzialità di recupero energetico dal sistema industriale e/o produttivo.

- **Consumi sistema trasporti (pubblico e privato)**

Obiettivo del tematismo è calcolare il livello dei consumi di combustibili fossili derivati dai flussi di traffico presenti nel tessuto urbano.

- **Quantità emissioni inquinanti e/o climalteranti**

Obiettivo del tematismo è il calcolo del livello di emissioni inquinanti esistenti nel territorio urbano, derivanti dalle funzioni di termoregolazione residenziale e terziaria, dalle funzioni produttive, dai flussi di trasporto pubblico e privato.

I dati derivano dall'overlay mapping dei tematismi dei fabbisogni e dei consumi, attraverso l'uso del modello Corinair.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione dei livelli di riduzione della pressione energetico-ambientale derivante dalle scelte di pianificazione urbana.

Indicatori di stato

- **Qualità aria**

Il tematismo viene sviluppato nell'ambito del settore Aria.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Consumi energia elettrica**

Obiettivo del tematismo è calcolare il livello dei consumi di energia elettrica derivante dalle funzioni di illuminazione pubblica esterna presenti nel tessuto urbano.

Il tematismo è la base per la valutazione dell'uso dell'energia solare e dell'energia recuperabile da impianti di termodistruzione rifiuti come sostitutivo per l'autosoddisfacimento del fabbisogno.

- **Autoproduzione**

Obiettivo del tematismo è calcolare il livello di autoproduzione energetica (termica ed elettrica) derivante dalle funzioni di cogenerazione pubblica o privata presenti sul territorio.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione dei livelli di fattibilità tecnica ed economica delle reti di teleriscaldamento delocalizzato; questo dipenderà dalle scelte di pianificazione urbana in termini di distanza fisica tra i soggetti fornitori e quelli ricettori (zoning funzionale).

Sistema rifiuti

Sub-Settori

- **Civile**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dei rifiuti fanno riferimento alle funzioni urbane residenziali e terziarie, in relazione alla produzione di Rifiuti Urbani, e ai relativi sistemi di raccolta e di smaltimento.

Capitolo specifico è redatto per i sistemi di raccolta differenziata e riciclaggio e per la produzione di rifiuti organici e cartacei dalle grandi utenze, sia pubbliche che private.

- **Industriale**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore dei rifiuti fanno riferimento alle funzioni urbane dell'industria e degli insediamenti produttivi, in relazione alla produzione di Rifiuti Speciali e Tossico-Nocivi ed ai relativi sistemi di stoccaggio e smaltimento.

Indicatori di pressione

- **Produzione rifiuti urbani**

Obiettivo del tematismo è il calcolo della produzione di Rifiuti Urbani a livello di Sezione Censuaria Istat, e delle relative fluttuazioni stagionali legate alle presenze studentesche e turistiche.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione degli effetti territoriali di diversi scenari di sviluppo del sistema di raccolta differenziata e delle relative ricadute sulle scelte di pianificazione urbana.

- **Composizione merceologica**

Obiettivo del tematismo è calcolare le quantità di materiali delle diverse categorie merceologiche (organico, vetro, materie plastiche, materiali cellulosici, metalli, imballaggi) presenti nei rifiuti domestici.

Il tematismo è la base per il dimensionamento dei sistemi di raccolta differenziata e per la valutazione delle relative ricadute sulle scelte di pianificazione urbana.

- **Produzione rifiuti organici da utenze non domestiche**

Obiettivo del tematismo è calcolare le produzioni concentrate di rifiuti organici e le potenzialità di recupero per la produzione di compost di qualità.

Il calcolo si basa sull'individuazione delle principali fonti di produzione (mense, mercati, manutenzione verde pubblico, grandi supermercati) e delle relative quantità prodotte.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione degli effetti territoriali di uno scenario di sviluppo del sistema di raccolta rifiuti che preveda la raccolta differenziata di questa frazione merceologica.

- **Produzione rifiuti cartacei da utenze non domestiche**

Obiettivo del tematismo è calcolare le produzioni concentrate di rifiuti cartacei e le potenzialità di recupero di questi materiali.

Il calcolo si basa sull'individuazione delle principali fonti di produzione (università, uffici pubblici, scuole, etc.) e delle relative quantità prodotte.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione degli effetti territoriali di uno scenario di sviluppo del sistema di raccolta rifiuti che preveda la raccolta differenziata di questa frazione merceologica.

- **Produzione rifiuti di origine industriale**

Obiettivo del tematismo è la valutazione delle tipologie e delle quantità di Rifiuti Speciali e Tossico-Nocivi generati dal sistema produttivo.

Il tematismo è una delle basi per la valutazione della pressione esercitata dalle attività produttive sui sistemi ambientali.

- **Impianti di smaltimento rifiuti**

Obiettivo del tematismo è la localizzazione delle diverse tipologie di impianti di smaltimento rifiuti eventualmente presenti sul territorio comunale.

L'ubicazione degli impianti è rappresentata su cartografia numerica.

Il tematismo è una delle basi per la determinazione della pressione esercitata sui sistemi ambientali dalle operazioni di smaltimento rifiuti e delle relative ricadute sulle scelte localizzative degli strumenti di pianificazione urbana.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Prevenzione e riduzione della produzione e pericolosità dei rifiuti**

Obiettivo del tematismo è la valutazione dell'efficacia delle politiche di gestione dei rifiuti ai fini della riduzione della loro produzione o pericolosità.

Il tematismo è la base per individuare la necessità di potenziamento delle politiche di riduzione della produzione e pericolosità dei rifiuti e per valutare gli effetti territoriali dei conseguenti scenari di gestione.

- **Raccolta differenziata, riutilizzo, riciclaggio e recupero di materia**

Obiettivo del tematismo è calcolare la quantità dei diversi materiali recuperati attraverso la raccolta differenziata e la loro incidenza sulla riduzione delle quantità complessive di rifiuti da smaltire e analizzare l'organizzazione del servizio di raccolta, riutilizzo e riciclaggio.

Il tematismo è una delle basi per la valutazione del livello di efficienza dei sistemi di raccolta differenziata, riutilizzo, riciclaggio e recupero di materia, e per la determinazione delle necessità di potenziamento di questi sistemi e dei relativi effetti sul territorio comunale e sulle scelte di pianificazione urbana.

- **Smaltimento dei rifiuti**

Obiettivo del tematismo è la valutazione della capacità di smaltire sul territorio comunale in modo controllato i rifiuti prodotti.

Il tematismo è una delle basi per valutare gli effetti sul territorio comunale e sui sistemi ambientali di scenari evolutivi dei livelli di produzione e dei sistemi di raccolta e smaltimento dei rifiuti.

- **Efficienza impianti di termodistruzione**

Obiettivo del tematismo è la valutazione dell'efficienza degli impianti di termodistruzione rifiuti, in relazione ai sistemi di controllo e abbattimento delle emissioni in atmosfera, di smaltimento delle scorie prodotte e di recupero energetico.

Il tematismo è un indicatore dell'efficienza di contenimento dell'impatto sui sistemi ambientali della funzione di termodistruzione rifiuti.

- **Efficienza altri impianti di smaltimento**

Obiettivo del tematismo è la valutazione dell'efficienza degli impianti smaltimento dei rifiuti, in relazione alle caratteristiche costruttive e alle modalità di gestione.

Il tematismo è un indicatore dell'efficienza di contenimento dell'impatto sui sistemi ambientali della funzione di smaltimento dei rifiuti.

Sistema suolo e sottosuolo

Sub-settori

- **Civile**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore del suolo e sottosuolo fanno riferimento alle funzioni urbane residenziali e terziarie, in relazione all'uso di suolo e ai conseguenti effetti di impermeabilizzazione e artificializzazione.

- **Industriale**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore del suolo e sottosuolo fanno riferimento alle funzioni urbane dell'industria e degli insediamenti produttivi, in relazione all'uso del suolo e alle potenzialità di contaminazione.

- **Attività estrattiva**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore del suolo e sottosuolo fanno riferimento alle funzioni extra-urbane di coltivazione di cave, in relazione alla pressione esercitata sul territorio e alle potenzialità di recupero ambientale per le cave inattive.

- **Agricoltura**

I dati, le elaborazioni ed i tematismi di questo sub-settore del suolo e sottosuolo fanno riferimento alle funzioni extra-urbane di coltivazione e produzione agricola, ed ai conseguenti usi di suolo.

Capitolo specifico è redatto per la pressione relativa all'impiego di prodotti fitosanitari.

Indicatori di pressione

- **Superficie urbanizzata**

Obiettivo del tematismo è valutare il livello di urbanizzazione del territorio.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione dei livelli di contenimento o riduzione della pressione ambientale dei manufatti conseguibile dalle scelte di pianificazione urbana.

- **Indice di impermeabilizzazione**

Obiettivo del tematismo è valutare gli effetti dell'urbanizzazione sui livelli di permeabilità del suolo.

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione dei livelli di contenimento o riduzione della pressione ambientale dei fenomeni di urbanizzazione conseguibile dalle scelte di pianificazione urbana.

- **Potenziali veicoli di contaminazione**

Obiettivo del tematismo è localizzare sul territorio comunale le potenziali sorgenti di contaminazione del suolo.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione della distribuzione territoriale della pressione esercitata su suolo e sottosuolo.

- **Cave**

Obiettivo del tematismo è la localizzazione sul territorio comunale dei siti di cava attivi e inattivi.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione della distribuzione territoriale della pressione esercitata su suolo e sottosuolo e dei benefici potenzialmente conseguibili con il recupero ambientale dei siti.

- **Usa di prodotti fitosanitari in agricoltura**

Obiettivo del tematismo è calcolare il carico esercitato su suolo e sottosuolo dall'uso di pesticidi e fertilizzanti in agricoltura.

Il tematismo è una delle basi per valutare la pressione esercitata dall'attività agricola sui sistemi ambientali.

Indicatori di stato

- **Caratteristiche dei suoli**

Obiettivo del tematismo è quello di rappresentare le caratteristiche dei terreni affioranti, quali la permeabilità e la produttività.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per valutare la capacità produttiva dei terreni, la loro capacità di assorbimento delle acque meteoriche e la vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee.

- **Idrografia, idrologia e idrogeologia**

Obiettivo del tematismo è quello di rappresentare l'estensione e le caratteristiche del reticolo idrografico, anche in relazione al suo livello di artificializzazione attraverso opere idrauliche di difesa (argini, scolmatore), di bonifica o di tombinatura, e l'estensione e le caratteristiche delle risorse idriche sotterranee.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione della pericolosità per rischio idraulico (esondazione, ristagno, etc.) e della vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee

- **Copertura vegetazionale e sistemi di paesaggio**

Obiettivo del tematismo è quello di rappresentare l'estensione delle aree coperte da vegetazione, il loro stato qualitativo e il loro valore paesaggistico.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione del livello di stress qualitativo e quantitativo del sistema vegetazionale e della sua relazione con i fattori di pressione individuati.

- **Fauna e flora**

Obiettivo del tematismo è la valutazione delle specie di flora e fauna presenti sul territorio comunale e del relativo stato quantitativo e qualitativo.

Il tematismo è una delle basi per valutare il livello di naturalità del territorio comunale e la relazione esistente tra stato quali-quantitativo di fauna e flora e fattori di pressione individuati.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Standard urbanistici: verde pubblico e privato**

Obiettivo del tematismo è quello di rappresentare l'estensione delle aree a verde pubblico e privato presenti nel tessuto urbano, e valutare il loro stato di conservazione. L'analisi viene fatta anche in relazione al soddisfacimento degli standard urbanistici previsti dalla normativa

Il tematismo è cartografato sulla base delle Sezioni Censuarie Istat.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione della fruibilità del verde nel sistema urbano e della sua funzionalità ai fini del contenimento della pressione sul sistema suolo esercitata dal territorio urbanizzato.

- **Piantagioni**

Obiettivo del tematismo è quello di rappresentare l'estensione degli interventi di piantumazione effettuati sul territorio comunale.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è la base per la valutazione dell'efficacia delle piantumazioni ai fini della protezione e del risanamento del sistema vegetazionale.

- **Agricoltura eco-compatibile**

Obiettivo del tematismo è la valutazione delle politiche adottate a livello comunale per l'incentivazione di pratiche agricole eco-compatibili, nonché l'individuazione delle esperienze in atto.

- **Sistemazioni montane, idraulico-forestali e fluviali**

Obiettivo del tematismo è la valutazione degli interventi di sistemazione montana, idraulico-forestale e fluviale realizzati sul territorio comunale.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per valutare l'efficacia degli interventi di sistemazione realizzati ai fini del contenimento della pericolosità geomorfologica, idraulica e idrogeologica.

- **Bonifica aree contaminate**

Obiettivo del tematismo è la localizzazione delle aree oggetto di interventi di bonifica.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per la valutazione dell'efficacia degli interventi di bonifica ai fini della riduzione della pressione esercitata sui sistemi suolo e sottosuolo e in generale sui sistemi ambientali.

Sistema aziende a rischio o insalubri

Indicatori di pressione

- **Industrie insalubri**

Obiettivo del tematismo è la localizzazione e caratterizzazione delle industrie insalubri presenti sul territorio comunale.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per l'individuazione delle aree da sottoporre a limitazione in funzione della presenza di tali impianti produttivi e per la valutazione delle scelte localizzative degli strumenti di pianificazione urbana.

- **Industrie a rischio**

Obiettivo del tematismo è la localizzazione e caratterizzazione delle industrie a rischio di incidente rilevante presenti sul territorio comunale.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per l'individuazione delle aree da sottoporre a limitazione in funzione della presenza di tali impianti produttivi e per la valutazione delle scelte localizzative degli strumenti di pianificazione urbana.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Requisiti prestazionali per le installazioni industriali**

Obiettivo del tematismo è quello di valutare l'efficacia delle misure di mitigazione adottate in funzione della localizzazione dell'impianto.

Sistema radiazioni non ionizzanti

Indicatori di pressione

- **Elettrodotti**

Obiettivo del tematismo è la localizzazione e caratterizzazione delle linee elettriche ad alta tensione presenti sul territorio comunale.

Il tematismo è rappresentato su cartografia numerica.

La georeferenziazione del tematismo è una delle basi per l'individuazione delle aree da sottoporre a limitazione in funzione della presenza di tali infrastrutture.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Misure di protezione**

Obiettivo del tematismo è la valutazione degli interventi effettuati al fine di prevenire, controllare o ridurre il potenziale impatto delle radiazioni non ionizzanti sulla popolazione e sulle risorse naturali.

1.4. Dalle conoscenze al piano: elementi per la valutazione

L'audit ambientale, realizzata secondo i criteri descritti nel precedente paragrafo, consente di individuare, in linea teorica, le aree stabili (*at capacity*), le aree di trasformabilità incondizionata (*overzoned*) e le aree caratterizzate da condizioni di fragilità. Mentre le prime due definizioni non comportano particolari difficoltà per il pianificatore, le condizioni di fragilità dell'ecosistema urbano portano a definire sia delle "necessità di intervento", finalizzate al risanamento delle condizioni critiche e/o dei deficit esistenti anche in assenza di trasformazioni, sia delle condizioni alla trasformabilità del territorio, necessarie per evitare, ridurre o compensare un incremento delle condizioni critiche o il determinarsi di condizioni critiche conseguenti alle trasformazioni previste. In una parola, necessarie a garantire lo sviluppo sostenibile del territorio.

Dall'audit ambientale dell'ecosistema urbano, derivato da una relazione sullo stato dell'ambiente, articolata in indicatore di pressione/stato/risposte, discendono quindi direttive ambientali e prescrizioni e vincoli alla trasformabilità, secondo lo schema indicato in figura 1.1.

Le direttive ambientali vengono definite sia in assenza che in presenza di trasformazioni e sono relative, per ogni sistema ambientale analizzato, all'intero territorio comunale; sono sostanzialmente direttive per la conservazione o il risanamento dell'ecosistema urbano.

Le prescrizioni alla trasformabilità definiscono, per ogni sistema ambientale analizzato e per parti specifiche del territorio comunale, le condizioni che devono essere rispettate per realizzare trasformazioni sul territorio. Pongono cioè condizioni del tipo "trasformo dopo che ...", "trasformo se contemporaneamente ...", "trasformo se e solo se ...".

Queste condizioni si traducono in salvaguardie, sia interne al piano, sia per gli altri strumenti di pianificazione, anche settoriali (risorse idriche, traffico, trasporti, risorse energetiche, rifiuti, etc.).

Analogamente i vincoli alla trasformabilità definiscono, per ogni sistema ambientale analizzato e per condizioni specifiche, nel tempo e nello spazio del territorio comunale, le condizioni che devono essere rispettate per realizzare trasformazioni sul territorio. Anch'essi pongono condizioni del tipo "trasformo dopo che ...", "trasformo se contemporaneamente ...", "trasformo se e solo se ...".

I vincoli possono anche tradursi in invarianti da sottoporre a tutela.

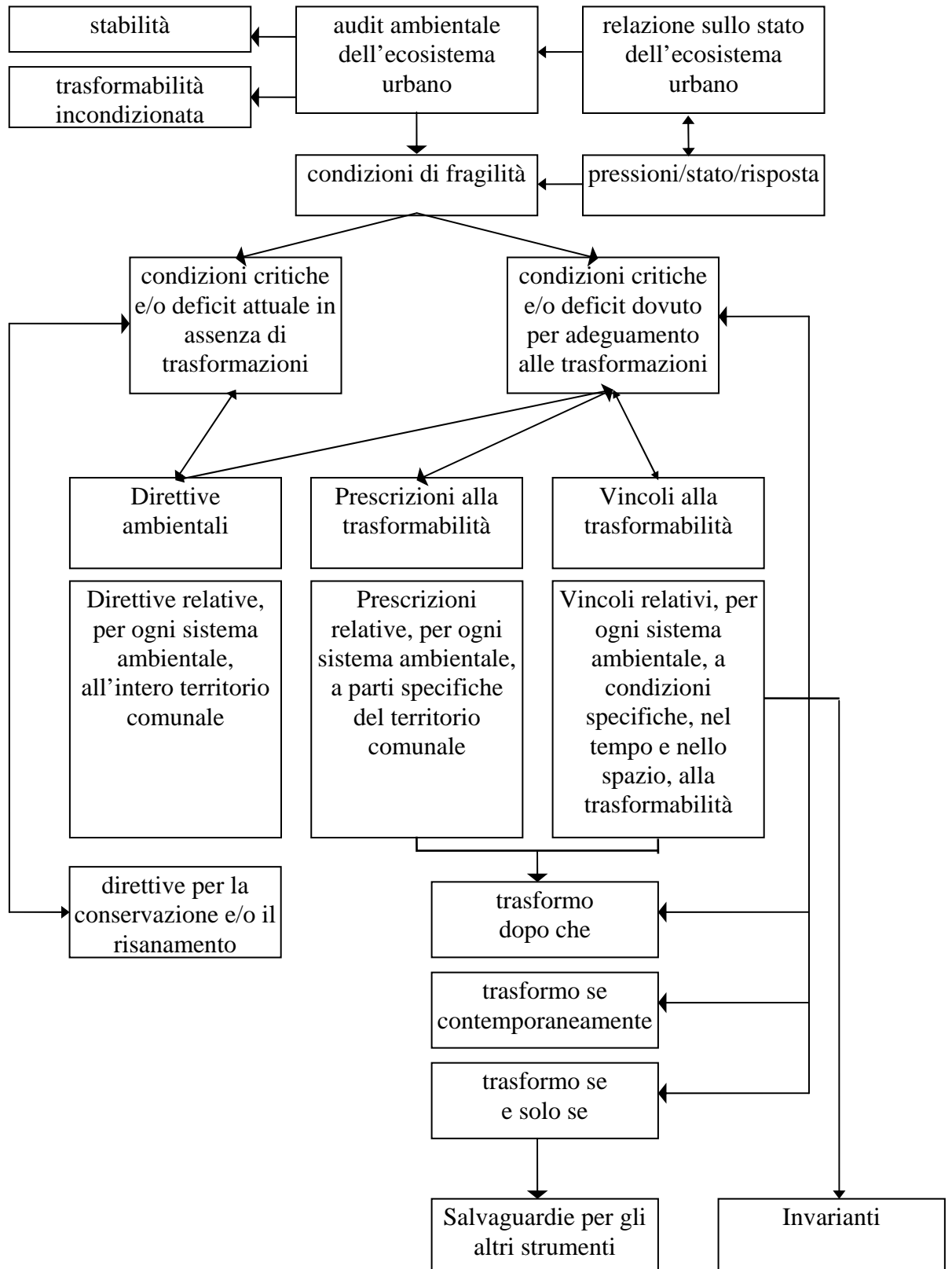


Figura 1.1 - Dalle conoscenze al piano: elementi per la valutazione.

1.5. La valutazione di piani e programmi

Relativamente agli aspetti connessi all'integrazione tra piano e valutazione ambientale dello stesso, esistono almeno tre metodi di uso delle tecniche di VIA nel campo specifico della valutazione di piani.

1. **Nel primo caso la valutazione viene condotta sulla bozza di piano, separata dalle proposte.**
2. **Nel secondo, la valutazione è inserita nella formulazione delle proposte ed essa stessa contribuisce alla formulazione di scenari.**
3. **Nel terzo, si assume la possibilità che la VIA di precedenti piani e progetti di particolare rilevanza possa fornire elementi di conoscenza per il processo di pianificazione in formazione.**

Dei tre metodi descritti, **il secondo** sembra offrire maggiori garanzie di **integrabilità**, anche nell'esperienza italiana, configurando un modello operativo che si muove secondo le seguenti linee direttrici:

- ⇒ **rilevazione dei problemi;**
- ⇒ **revisione e/o ampliamento dei dati esistenti;**
- ⇒ **identificazione delle fasi di partecipazione;**
- ⇒ **valutazione preliminare degli obiettivi e delle alternative;**
- ⇒ **identificazione del set di indicatori per il monitoraggio;**
- ⇒ **identificazione, valutazione e previsione degli impatti;**
- ⇒ **bilancio e decisione finale;**
- ⇒ **attuazione del piano e monitoraggio;**
- ⇒ **revisione del piano secondo una definita "tempistica".**

In conclusione la valutazione ambientale delle politiche e dei piani racchiude in sé le potenzialità per divenire uno strumento potente di gestione ambientale, ed un passaggio-chiave nella messa a punto di strategie di pianificazione ambientale, così come precedentemente definita.

Esse, infatti, fissano le nuove coordinate e priorità ambientali, pongono nuove relazioni tra le fasi di analisi, progettazione e gestione rispondendo pienamente all'imperativo dell'**approccio "preventivo"**, o, come viene meglio definito in sede comunitaria, **"precauzionale"**.


La valutazione, infine, afferisce, come richiesto dalla L.R. 5/95 al **principio di sussidiarietà**, sostanziandolo con il **principio di responsabilità del decisore pubblico**.

2. RELAZIONE SULLO STATO DELL'AMBIENTE NELLA CITTÀ DI PISA, N° 0

2.1. Raccolta e sistematizzazione dei dati

SISTEMA INFORMATIVO ECOSISTEMA CITTÀ DI PISA


LEGENDA

TIPOLOGIA DEL DATO	SIMBOLO
Completo	■
Parziale	●
Insufficiente	○
Assente	□
Da identificare	ID
Da stimare	
DISPONIBILITÀ DEL DATO	SIMBOLO
Ricevuto	☑
Non ricevuto	☒


A	ACQUA
----------	--------------

A1	1.	ACQUE SUPERFICIALI	Tipologia	Disponibilità
	1.1.	Portata corsi d'acqua	○	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.	Qualità acque		
	1.2.1.	<i>parametri chimici</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.2.	<i>parametri biologici</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.3.	<i>parametri fisici</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.3.	Qualità acque di balneazione	■	<input checked="" type="checkbox"/>
A2	2.	ACQUE SOTTERRANEE		
	2.1.	Censimento pozzi		
	2.1.1.	<i>uso civile</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.1.2.	<i>uso industriale</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.1.3.	<i>uso agricolo</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2.	Prelievi		
	2.2.1.	<i>uso idropotabile</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2.2.	<i>uso industriale</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2.3.	<i>uso irriguo</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2.4.	<i>grandi utenze</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.3.	Qualità delle acque		
	2.3.1.	<i>parametri chimici</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.3.2.	<i>parametri fisici</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
A3	3.	RETI IDRICHE		
	3.1.	Rete acquedottistica		
	3.1.1.	<i>quantità immessa</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.1.2.	<i>quantità erogata</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.2.	Rete fognaria		
	3.2.1.	<i>abitanti serviti</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.2.2.	<i>tipologia di rete</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.2.3.	<i>connessione alla depurazione</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.3.	Quantità riciclo idrico		
	3.3.1.	<i>civile</i>	□	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.3.2.	<i>industriale</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
A4	4.	IMPIANTI DI DEPURAZIONE		
	4.1.	Tipologia di trattamento	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2.	Potenzialità	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.3.	Caratteristiche quantitative		
	4.3.1.	<i>reflui civili</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.3.2.	<i>reflui industriali</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.4.	Caratteristiche qualitative		
	4.4.1.	<i>reflui civili</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.4.2.	<i>reflui industriali</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>

AR	ARIA
-----------	-------------

AR1	1.	EMISSIONI INDUSTRIALI	Tipologia	Disponibilità
	1.1.	Localizzazione sorgenti	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.	Fattore di provenienza		
	1.2.1.	<i>processi industriali</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.2.	<i>produzione energia</i>		<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.3.	<i>combustione rifiuti</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.3.	Tipologia delle emissioni		
	1.3.1.	<i>inquinanti</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.3.2.	<i>quantità emesse</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.3.3.	<i>concentrazioni</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.4.	Regime autorizzativo	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.5.	Impianti di abbattimento		
	1.5.1.	<i>tipologia di inquinanti</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.5.2.	<i>efficienza di abbattimento</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
AR2	2.	EMISSIONI URBANE		
	2.1.	Fattori di provenienza		
	2.1.1.	<i>termoregolazione</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.1.2.	<i>trasporti</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2.	Tipologia delle emissioni		
	2.2.1.	<i>inquinanti</i>	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2.2.	<i>concentrazioni</i>	●	<input checked="" type="checkbox"/>
AR3	3.	DEPOSIZIONI ACIDE		
	3.1.	Tipologia degli inquinanti	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.2.	Concentrazioni	●	<input checked="" type="checkbox"/>
AR4	4.	INQUINAMENTO ACUSTICO		
	4.1.	Zonizzazione acustica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2.	Livelli sonori rilevati	●	<input checked="" type="checkbox"/>

C	CLIMA
----------	--------------

C1	1.	SISTEMA METEOCLIMATICO	Tipologia	Disponibilità
	1.1.	Temperature	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.	Anemometria	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.3.	Precipitazioni	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.4.	Inversione termica		<input checked="" type="checkbox"/>

E	ENERGIA
----------	----------------

E1	1.	ENERGIA INDUSTRIALE	Tipologia	Disponibilità
	1.1.	Utenze industriali		
	1.1.1.	<i>caratteristiche produttive</i>	●	☒
	1.1.2.	<i>addetti</i>	■	☒
	1.1.3.	<i>tipologia impiantistica</i>	■	☒
	1.2.	Consumi		
	1.2.1.	<i>energia elettrica</i>	■	☒
	1.2.2.	<i>tipologia combustibile fossile</i>	■	☒
	1.2.3.	<i>uso finale</i>	■	☒
	1.3.	Uso fonti rinnovabili	ID	☒
	1.4.	Uso fonti assimilate (autoproduzione)	■	☒
E2	2.	ENERGIA CIVILE		
	2.1.	Unità abitative		
	2.1.1.	<i>volumetria edificata</i>	●	☒
	2.1.2.	<i>caratteristiche morfo-tipologiche</i>	●	☑
	2.1.3.	<i>caratteristiche tecnico-costruttive</i>	●	☑
	2.1.4.	<i>caratteristiche impiantistiche</i>	●	☒
	2.1.5.	<i>potenza installata (grandi utenze)</i>	□	☒
	2.2.	Consumi		
	2.2.1.	<i>energia elettrica</i>	●	☒
	2.2.2.	<i>tipologia di combustibile</i>	●	☑
	2.3.	Fabbisogni		
	2.3.1.	<i>calore</i>	🖨	☒
	2.3.2.	<i>freddo</i>	🖨	☒
	2.4.	Utenze pubbliche		
	2.4.1.	<i>Tipologia impiantistica</i>	ID	☒
	2.4.2.	<i>Potenza installata (grandi utenze)</i>	ID	☒
	2.4.3.	<i>Consumi</i>	●	☑
	2.4.4.	<i>Fabbisogni</i>	🖨	☒
	2.5.	Utenze commerciali		
	2.5.1.	<i>Tipologia impiantistica</i>	ID	☒
	2.5.2.	<i>Potenza installata (grandi utenze)</i>	ID	☒
	2.5.3.	<i>Consumi</i>	●	☑
	2.5.4.	<i>Fabbisogni</i>	🖨	☒
E3	3.	EMISSIONI INQUINANTI		
	3.1.	Tipologia di inquinanti	🖨	☑
	3.2.	Funzione urbana di provenienza	🖨	☑
	3.3.	Stime complessive (CO2 eq.)	🖨	☑
	3.4.	Distribuzione per settori	🖨	☑

R	RIFIUTI
----------	----------------

R1	1. RIFIUTI DI ORIGINE INDUSTRIALE	Tipologia	Disponibilità
1.1.	Utenze industriali		
1.1.1.	<i>addetti</i>	■	☑
1.1.2.	<i>categoria produttiva</i>	●	☑
1.1.3.	<i>tipologia di rifiuto</i>	●	☑
1.1.4.	<i>quantità prodotta</i>	●	☑
1.1.5.	<i>modalità di recupero/riciclaggio</i>	●	☑
1.1.6.	<i>modalità di stoccaggio</i>	●	☑
1.1.7.	<i>modalità di smaltimento</i>	●	☑
R2	2. RIFIUTI URBANI		
2.1.	Produzione Rifiuti Urbani		
2.1.1.	<i>complessiva</i>	●	☑
2.1.2.	<i>flussi turistici</i>	💻	☑
2.2.	Composizione merceologica	💻	☑
2.3.	Produzione grandi utenze		
2.3.1.	<i>rifiuti organici</i>	💻	☑
2.3.2.	<i>rifiuti cartacei</i>	💻	☑
R3	3. RACCOLTA DIFFERENZIATA		
3.1.	Materiali raccolti		
3.1.1.	<i>sistema di raccolta</i>	■	☑
3.1.2.	<i>tipologia materiale</i>	■	☑
3.1.3.	<i>quantità raccolte per tipologia</i>	■	☑
3.2.	Distribuzione spaziale sistemi raccolta	●	☒
R4	4. RIUTILIZZO/RICICLAGGIO/RECUPERO		
4.1.	Materiali riutilizzati/riciclati o recuperati		
4.1.1.	<i>sistema di riutilizzo/riciclaggio/recupero</i>	○	☑
4.1.2.	<i>tipologia materiale</i>	○	☑
4.1.3.	<i>quantità riutiliz./ricicl./recup. per tipologia</i>	○	☑
R5	5. SMALTIMENTO		
5.1.	Modalità di smaltimento Rifiuti Urbani		
5.1.1.	<i>quantità annue incenerite</i>	■	☑
5.1.2.	<i>quantità annue smaltite in discarica</i>	■	☑
5.1.3.	<i>quantità annue smaltite con altro sistema</i>	■	☑
5.2.	Impianto di termodistruzione		
5.2.1.	<i>tipologia impianto</i>	■	☑
5.2.2.	<i>quantità smaltite</i>	■	☑
5.2.3.	<i>scorie prodotte</i>	■	☑
5.2.4.	<i>recupero energetico</i>	■	☑

S	SUOLO E SOTTOSUOLO
----------	---------------------------

S1	1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	Tipologia	Disponibilità
1.1.	Altimetria	■	☑
1.2.	Morfologia	■	☑
1.3.	Geologia	■	☑
1.4.	Litotecnica	■	☑
1.5.	Permeabilità	■	☑
S2	2. IDROLOGIA		
2.1.	Reticolo idrografico		
2.1.1.	<i>fiumi</i>	■	☑
2.1.2.	<i>canali a scolo naturale</i>	■	☑
2.1.3.	<i>canali a scolo meccanico</i>	■	☑
2.2.	Bacini di bonifica idraulica	■	☑
2.3.	Rischio idraulico	■	☑
S3	3. IDROGEOLOGIA		
3.1.	Piezometria	■	☑
3.2.	Vulnerabilità della falda	■	☑
S4	4. SISTEMA VEGETAZIONALE		
4.1.	Area produttiva	●	☑
4.2.	Area non produttiva	●	☑
4.3.	Aree boscate	■	☑
4.4.	Aree verdi attrezzate	■	☑
4.5.	Vegetazione ripariale	●	☑
4.6.	Qualità paesaggistica	●	☑
4.7.	Qualità vegetazionale	●	☑
S5	5. VEICOLI DI CONTAMINAZIONE		
5.1.	Siti da bonificare	●	☑
5.2.	Siti di stoccaggio industriale	●	☑
5.3.	Scarichi abusivi di rifiuti	●	☑
S6	6. USO DEL SUOLO		
6.1.	Aree urbane (livello di permeabilità)	■	☑
6.2.	Cave	■	☑
6.3.	Infrastrutture stradali	■	☑
6.4.	Regime vincolistico	■	☑

AZ**AZIENDE**

AZ1	1.	AZIENDE INSALUBRI	Tipologia	Disponibilità
	1.1.	Localizzazione	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.	Classe di insalubrità	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.3.	Tipologia produttiva	■	<input checked="" type="checkbox"/>
AZ2	2.	AZIENDE A RISCHIO		
	2.1.	Localizzazione	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2.	Classe di rischio	■	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.3.	Tipologia produttiva	■	<input checked="" type="checkbox"/>

RA	RADIAZIONI
-----------	-------------------

RA1	1.	RADIAZIONI NON IONIZZANTI	Tipologia	Disponibilità
	1.1.	Sorgenti di emissione	●	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2.	Livelli di emissione	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.3.	Livelli di esposizione	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

2.2. Costruzione del Sistema Informativo Ecosistema Città di Pisa

2.2.1. Sistema acqua

Indicatori di pressione

- **Consumi civili**

I dati relativi a questo fattore di pressione sono forniti dall'azienda municipalizzata che gestisce i servizi di acquedotto, fognatura e depurazione, raccolta e smaltimento rifiuti (GEA - Azienda Servizi per l'Ambiente).

La quantità di acqua erogata annualmente dall'acquedotto per gli usi domestici risulta pari a circa 6,6 milioni di mc, a cui si devono aggiungere 1,6 milioni di mc erogati per uso pubblico. Questi dati si riferiscono al 1995, ma sono rappresentativi dell'andamento complessivo dei consumi idropotabili degli ultimi anni, che hanno mostrato un andamento pressoché costante.

Considerando dunque un consumo complessivo per usi civili pari a 8,2 milioni di mc/anno, e la popolazione attualmente residente nel Comune, pari a 95.448 abitanti, si ricava una dotazione idrica di circa 235 litri/ab.giorno, che corrisponde al fabbisogno medio stimato per Centri di dimensioni analoghe al Comune di Pisa. Se si considera però la popolazione complessivamente presente nel Comune, che al Censimento del 1991 risultava pari a 115.649 abitanti, la dotazione idrica si riduce a 195 litri/ab.giorno. Questo dato risulta inoltre comprensivo dei consumi idrici relativi alle presenze turistiche, che ammontavano nell'anno 1994 a 879.336, di cui 640.287 nella città di Pisa e 539.049 sul litorale. Considerando anche quest'ultimo dato, la dotazione idrica risulta minore di 195 litri/ab.giorno, presentando dunque un valore inferiore al fabbisogno medio stimato per Centri delle dimensioni di Pisa (circa 250 litri/ab.giorno).

Per valutare la distribuzione territoriale dei consumi idrici, si sono analizzati i dati sui consumi idropotabili delle singole utenze, distinti in funzione delle categorie d'uso: usi domestici e usi comunali o enti. Aggregando i dati per Sezioni Censuarie Istat, si è ricostruita la distribuzione territoriale dei consumi idropotabili, che è stata cartografata sulla base delle Sezioni Censuarie Istat (Tav. 1).

Sempre analizzando i consumi idropotabili delle singole utenze, si sono inoltre individuate le grandi e medie utenze, quelle cioè che registrano rispettivamente un consumo di acqua superiore a 10.000 mc/anno e compreso tra 5.000 e 10.000 mc/anno.

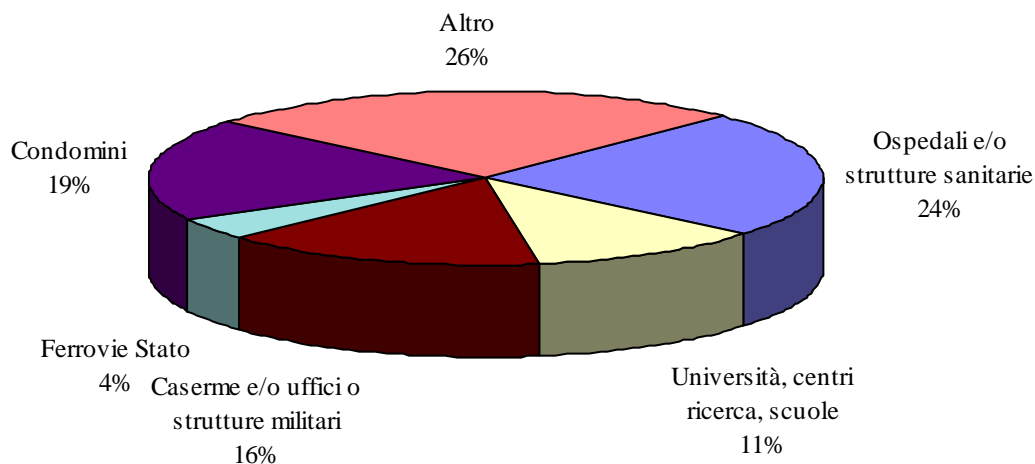
Le grandi utenze risultano essere complessivamente 52, di cui 37 pubbliche e 15 private; ad esse corrisponde un consumo complessivo di acqua pari a 1.450.000 mc/anno (circa il 15% del consumo complessivo per usi civili). Le medie utenze risultano essere 55, di cui 38 private e 17 pubbliche, per un consumo complessivo di circa 380.000 mc/anno.

Per quanto riguarda la tipologia delle grandi e medie utenze, nella tabella e nel grafico seguenti si riporta la ripartizione dei consumi idrici di queste utenze per categoria. Si può osservare che i maggiori consumi sono da attribuire a ospedali e strutture sanitarie in genere.

Categoria grandi e medie utenze	Consumi (mc/anno)
Ospedali e/o strutture sanitarie	434.044
Università, centri ricerca, scuole, etc.	207.643
Caserme e/o uffici o strutture militari	290.387
Ferrovie Stato	75.607

Categoria grandi e medie utenze	Consumi (mc/anno)
Condomini	348.657
Altro	483.888
TOTALE	1.840.226

Ripartizione consumi idrici delle grandi utenze



• **Consumi industriali**

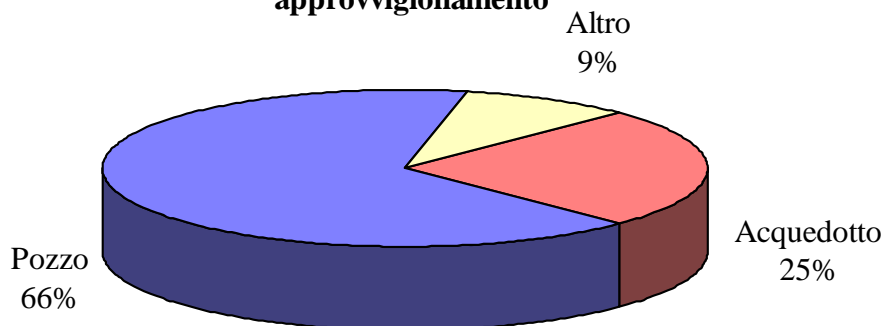
I dati relativi a questo fattore di pressione sono forniti dall'Ufficio Ambiente del Comune di Pisa e dall'azienda municipalizzata che gestisce i servizi di acquedotto, fognatura e depurazione, raccolta e smaltimento rifiuti (GEA - Azienda Servizi per l'Ambiente). Cominciando dall'analisi dei dati archiviati nel database gestito dall'Ufficio Ambiente, relativi alle richieste di autorizzazione allo scarico presentate al Comune ai sensi della L. 319/76, risulta innanzitutto che la quantità complessiva di acqua prelevata dall'industria, da pozzo o acquedotto, è pari a 2.256.497 mc/anno. Nelle tabelle e nei grafici che seguono è riportata la ripartizione delle quantità prelevate in base alla fonte di approvvigionamento (acquedotto, pozzo o altra fonte) e all'utilizzo dall'acqua (civile, lavorazione, raffreddamento).

Fonte approv.	Civili (mc/anno)	Lavorazione (mc/anno)	Raffreddamento (mc/anno)	TOTALE (mc/anno)
Acquedotto	254.674	277.833	28.601	561.108
Pozzo	86.706	639.674	759.799	1.486.179
Altro	0	209.210	0	209.210
TOTALE	341.380	1.126.717	788.400	2.256.497

Ripartizione dei consumi per fonte di approvvigionamento

Fonte approv.	TOTALE (mc/anno)	% sul totale
Acquedotto	561.108	24,9
Pozzo	1.486.179	65,9
Altro	209.210	9,3
TOTALE	2.256.497	100,0

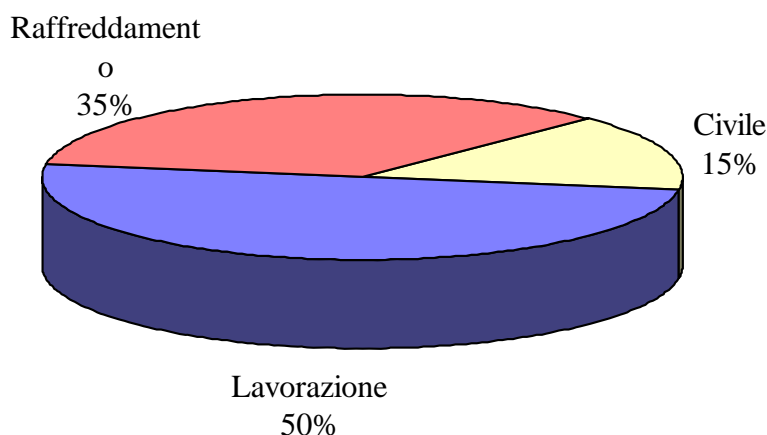
Ripartizione dei consumi per fonte di approvvigionamento



Ripartizione dei consumi per utilizzo dell'acqua consumata

Utilizzo	TOTALE (mc/anno)	% sul totale
Civile	341.380	15,1
Lavorazione	1.126.717	49,9
Raffreddamento	788.400	34,9
TOTALE	2.256.497	100,0

Ripartizione dei consumi per utilizzo dell'acqua consumata



Dalle tabelle si osserva che la percentuale maggiore di acqua consumata (65,9%) è prelevata da pozzi. Il numero di pozzi complessivi denunciati dalle aziende risulta pari a 45.

Per quanto riguarda invece gli utilizzi, si osserva che circa il 50% dell'acqua prelevata viene impiegata nei processi di lavorazione, mentre il 35% è utilizzato per il raffreddamento degli impianti.

Le aziende inserite nel database dell'Ufficio Ambiente relativo ai prelievi idrici sono complessivamente 140; di queste 107 si approvvigionano solo dall'acquedotto, 21 solo da pozzi, 20 sia da pozzi che da acquedotto, e 1 da altra fonte. Considerando dunque il numero di aziende, la percentuale maggiore utilizza come fonte di approvvigionamento l'acquedotto.

Confrontando i dati forniti dall'Ufficio Ambiente con i dati forniti dall'azienda municipalizzata che gestisce l'acquedotto, si rileva una certa discrepanza. Dal fatturato dell'azienda municipalizzata (relativo al 1995) risulta che la quantità di acqua erogata annualmente dall'acquedotto per gli usi industriali ammonta a circa 2,4 milioni di mc. Tale valore include però tutti gli usi non civili. Estraendo dal database dell'azienda municipalizzata il dato relativo ai soli consumi non domestici (che non conteggia gli usi promiscui), si ottiene per il 1996 (previsione del consumo basato sulla lettura dei primi 6 mesi) un valore di circa 950.000 mc/anno, che risulta già più confrontabile con il valore dell'Ufficio Ambiente (561.108 mc/anno).

Utilizzando sempre i dati sui consumi idrici forniti dall'azienda municipalizzata, si sono anche individuate le grandi utenze industriali che si approvvigionano dall'acquedotto. Queste risultano essere 17 (di cui 6 con consumo annuo > 10.000 mc e 11 con consumo annuo compreso tra 5.000 e 10.000 mc), per un consumo complessivo di acqua pari a 217.500 mc/anno.

- **Deficit di depurazione**

I dati relativi a questo fattore di pressione sono forniti dall'azienda municipalizzata che gestisce i servizi di acquedotto, fognatura e depurazione, raccolta e smaltimento rifiuti (GEA - Azienda Servizi per l'Ambiente).

La quantità di acque reflue del Comune di Pisa annualmente trattate negli impianti centralizzati di depurazione (S. Jacopo, La Fontina, Oratoio, Tirrenia), al dicembre 1995, risulta pari a circa 3 milioni di mc, a fronte di un consumo idrico complessivo (considerando il solo approvvigionamento da acquedotto) pari a 10,6 milioni di mc/anno. Ipotizzando un coefficiente di apporto in fognatura, inteso come frazione dell'acqua approvvigionata che dovrebbe pervenire agli impianti di depurazione, uguale a 0,9, si può stimare un deficit depurativo del 68,5%.

Si deve comunque considerare che dal 1995 ad oggi il deficit si è parzialmente ridotto, in quanto dall'inizio del 1997 è entrato in funzione un nuovo impianto di depurazione a Marina di Pisa, a cui risultano già allacciati circa 6.000 abitanti, e sono stati fatti nuovi allacciamenti anche agli altri impianti (in particolare all'impianto di Tirrenia, per circa 800 abitanti). Il numero complessivo di abitanti allacciati agli impianti risulta pari a circa 38.000.

- **Pozzi**

Per il Comune di Pisa non esiste un archivio ordinato relativo al numero e alle caratteristiche dei pozzi presenti sul territorio comunale. L'unica fonte disponibile sono le autodenunce dei proprietari dei pozzi, raccolte dalla Provincia di Pisa.

Un'analisi di questi dati ha messo in evidenza, però, che esiste un'enorme quantità di pozzi (il loro numero si aggira intorno a qualche migliaio), che sfruttano la falda superficiale freatica; quest'ultimo dato, pur non essendo esplicitamente indicato nelle schede, si deduce facilmente dalla profondità delle opere, che solo raramente supera 10 m. La concentrazione

dei pozzi aumenta in maniera significativa in corrispondenza degli aggregati di edifici, soprattutto nelle frazioni.

Oltre alla falda freatica, nel territorio comunale esistono altri due distinti orizzonti acquiferi: un acquifero artesiano in ghiaia e un acquifero artesiano in sabbia.

L'acquifero artesiano in sabbia, dai dati a nostra disposizione e finora elaborati, risulta sfruttato attraverso l'emungimento da almeno una trentina di pozzi ubicati sul territorio comunale.

L'acquifero artesiano in ghiaia è sfruttato per l'approvvigionamento idropotabile da 8 pozzi ubicati a Cisanello, ed è raggiunto da un numero imprecisato di pozzi (comunque inferiore a 50), distribuiti sull'intero territorio comunale.

• **Scarichi dei reflui industriali nei corpi idrici superficiali**

I dati relativi a questo tematismo sono forniti dall'Ufficio Ambiente del Comune di Pisa, e sono desunti dalle richieste di autorizzazione allo scarico presentate al Comune.

Da tali dati risulta che la quantità censita di acque reflue industriali prodotte nel Comune di Pisa ammonta a circa 1.876.000 di mc/anno.

Nelle tabelle e nei grafici che seguono è riportata la ripartizione delle quantità scaricate in base al tipo di recapito (acque superficiali, fognatura mista o nera, pozzi perdenti) e all'utilizzo dall'acqua (civile, lavorazione, raffreddamento).

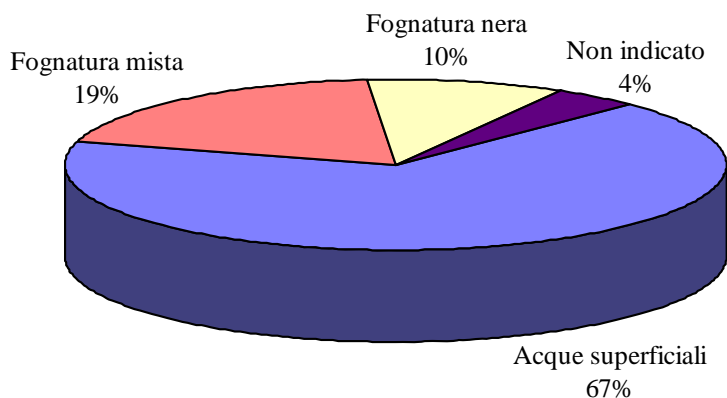
Volumi di acqua scaricati

Recapito	Civili (mc/anno)	Lavorazione (mc/anno)	Raffreddament o (mc/anno)	TOTALE (mc/anno)
Acque superficiali	68.754	1.084.980	102.988	1.256.722
Fognatura mista	57.135	253.357	47.438	357.930
Fognatura nera	67.400	103.028	9.600	180.028
Pozzi perdenti	900	1.057	0	1.957
Non indicato	31.123	47.783	110	79.016
TOTALE	225.312	1.490.205	160.136	1.875.653

Ripartizione percentuale dei volumi scaricati per tipologia di recapito

Recapito	TOTALE (mc/anno)	% sul totale
Acque superficiali	1.256.722	67,0
Fognatura mista	357.930	19,1
Fognatura nera	180.028	9,6
Pozzi perdenti	1.957	0,1
Non indicato	79.016	4,2
TOTALE	1.875.653	100,0

Ripartizione dei volumi scaricati per tipologia di recapito



Ripartizione percentuale dei volumi scaricati per utilizzo dell'acqua scaricata

Utilizzo	TOTALE (mc/anno)	% sul totale
Civile	225.312	10,0
Lavorazione	1.490.205	66,0
Raffreddamento	160.136	7,1
TOTALE	2.256.497	100,0

Dalle tabelle si può osservare innanzitutto che la maggiore quantità di acqua, circa 1.257.000 mc/anno (67% del totale), viene scaricata in acque superficiali. Il numero complessivo di scarichi in acque superficiali è pari a 31.

Il 66% dell'acqua scaricata proviene dai processi di lavorazione, benché a proposito di questo dato si debba rilevare una incongruenza rispetto al dato dichiarato dalle aziende relativamente alla quantità di acqua prelevata per la lavorazione. Il volume di acqua di lavorazione scaricata (1.490.205 mc/anno) risulta infatti maggiore del volume di acqua prelevata per tale scopo (1.126.717 mc/anno). Il dato sui volumi di acqua scaricati è comunque da ritenere più attendibile, poiché per alcune delle aziende il dato sui prelievi è stato ricostruito per mezzo di stime, in quanto non denunciato.

Indicatori di stato

- **Qualità acque superficiali**

I dati relativi a questo tematismo sono forniti dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), che effettua periodicamente, a partire dal 1990, analisi chimico-fisico-biologiche delle acque dei principali corsi d'acqua superficiali.

La valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici superficiali del territorio comunale è stata fatta costruendo un Indice di qualità delle acque (Indice di Qualità Idrica Globale - IQIG), che tiene conto di parametri chimici, fisici e biologici.

Per la costruzione dell'IQIG sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- COD;
- Tensioattivi (MBAS);
- Ammoniacca;

- Nitrati;
- Fosforo totale;
- Conducibilità;
- Cloruri;
- Metalli pesanti (Cd, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn);
- Coliformi totali;
- Coliformi fecali;
- Streptococchi;

che, dopo essere stati opportunamente normalizzati, sono stati aggregati secondo i passaggi successivi indicati nello schema di figura 2.1. In base al valore numerico assunto dall'IQIG i corpi idrici superficiali sono stati quindi classificati in 6 diverse classi di qualità (0-20: pessima, 21-40: cattiva, 41-50: mediocre, 51-60: discreta, 61-80: buona, 81-100: ottima), evidenziando l'origine agro-civile o industriale dell'inquinamento rilevato. I grafici riportati nell'allegato 1 al presente documento mostrano i risultati ottenuti. Nella tabella seguente sono riportati i risultati relativi al solo 1996 (1995 dove le analisi del 1996 non erano disponibili):

Data analisi	Inquinamento agro-civile	Inquinamento industriale	IQIG	Giudizio di qualità
BACINO PISA NORD				
FOSSO OZZERETTO				
29/03/96	n.c.	72,3	n.c.	n.c.
30/10/96	5,1	69,9	8,2	cattiva
FOSSO TEDALDO				
27/02/96	11.5	59.3	30.8	cattiva
20/06/96	5.1	62.5	25.8	cattiva
12/09/96	n.c.	68.8	n.c.	n.c.
FIUME MORTO - LOCALITA' FIGURETTA				
29/03/96	n.c.	70.3	n.c.	n.c.
11/07/96	89.6	69.8	79.4	buona
30/10/96	72.9	97.0	84.5	ottima
FIUME MORTO - LOCALITA' CAMPALDO				
29/03/96	n.d.	77.4	n.c.	n.c.
11/07/96	1	73.9	23.0	cattiva
30/10/96	13.7	70.6	36.6	cattiva
FIUME MORTO - LOCALITA' STERPAIA				
29/03/96	n.c.	25	n.c.	n.c.
11/07/96	24.9	64.8	42.5	mediocre
30/10/96	10.7	25.0	17.1	pessima
BACINO RIGLIONE-ORATOIO-OSPEDALETTO				
FOSSO CALIGI				
27/02/96	n.c.	60.3	n.c.	n.c.
28/06/96	11.1	70.6	34.4	cattiva
12/09/96	n.c.	74.9	n.c.	n.c.
FOSSO DI ORATOIO				
27/02/96	21.5	25	23.2	cattiva
20/06/96	5.1	39.3	18.1	pessima
12/09/96	n.c.	56.3	n.c.	n.c.
FOSSO CERIA				
14/03/95	68	25	43.8	mediocre
FOSSO TITIGNANO				
27/02/96	11.5	59.3	30.8	cattiva
20/06/96	5.1	62.5	25.8	cattiva

Data analisi	Inquinamento agro-civile	Inquinamento industriale	IQIG	Giudizio di qualità
12/09/96	n.c.	68.8	n.c.	n.c.
FOSSO TORALE				
27/02/96	5.1	54.3	23.1	cattiva
20/06/96	8.8	71.6	32.7	cattiva
12/09/96	n.c.	80.4	n.c.	n.c.
BACINO PISA SUD				
CANALE DEI NAVICELLI - LOCALITA' DARSENA				
21/05/96	28.7	25	26.8	cattiva
16/10/96	n.c.	25	n.c.	n.c.
CANALE DEI NAVICELLI - LOCALITA' PONTE MOBILE				
21/05/96	29.1	25	27.0	cattiva
16/10/96	47.7	25	35.4	pessima
CANALE DEI NAVICELLI - LOCALITA' MORTELLINI				
21/05/96	38.8	25	31.5	cattiva
16/10/96	39	25	31.6	cattiva
SCOLI DI PISA				
13/03/95	7	64.5	28.5	cattiva
16/11/95	10.7	25	17.1	pessima
FOSSA SOFINA				
13/03/95	2	53.5	19	pessima
16/11/95	1	24.7	8.9	pessima
FOSSA CHIARA - ARNACCIO				
27/02/96	20.7	57.9	37	cattiva
24/05/96	n.c.	80.7	n.c.	n.c.
FOSSA CHIARA - LOCALITA' BISCOTTINO				
27/02/96	31.7	66.7	47.6	mediocre
24/05/96	39.4	74.8	55.7	discreta
SCOLMATORE - LOCALITA' CASCINA				
21/05/96	15.6	80.2	41.6	mediocre
22/10/96	37.6	68.0	51.7	discreta
SCOLAMTORE - LOCALITA' CALAMBRONE				
21/05/96	43.6	52.1	47.7	mediocre
22/10/96	73.1	25	45.9	mediocre
11/12/96	84.9	25	50.5	mediocre
MARINA DI PISA				
CANALE NUOVO LAMONE - IDROVORA				
21/03/96	n.c.	25	n.c.	n.c.
21/05/96	37.3	25	30.8	cattiva
16/10/96	37.8	25	31.1	cattiva
FIUME ARNO				
CALCINAIA				
12/01/96	39.7	94.7	64.3	buona
26/02/96	77.6	92.8	85.0	ottima
05/03/96	87.5	85.3	86.4	ottima
28/05/96	90.3	77.3	83.7	ottima
02/07/96	41	54.6	47.5	mediocre
05/08/96	75.6	33.2	52.2	discreta
21/08/96	75.8	80.3	78.0	buona
16/09/96	44.3	54.7	49.3	mediocre
23/10/96	n.c.	86.2	n.c.	discreta
12/11/96	57.4	63.4	60.4	mediocre
PISA - PONTE POLITEAMA				
12/01/96	60	95.2	76.6	buona
26/02/96	76.5	93.8	84.9	ottima

Data analisi	Inquinamento agro-civile	Inquinamento industriale	IQIG	Giudizio di qualità
28/05/96	70.1	46.7	57.8	discreta
02/07/96	46.5	25	34.9	cattiva
05/08/96	76.1	25	47.1	discreta
21/08/96	62.3	22.6	40.0	cattiva
16/09/96	44.4	56.3	50.2	discreta
23/10/96	49.2	83.5	65.2	discreta
12/11/96	75.7	25.0	46.9	mediocre

Come si può osservare dalla tabella, la maggior parte dei corpi idrici è classificata nelle classi di qualità “cattiva” o “pessima”, e l’inquinamento è prevalentemente di origine agro-civile. I valori più bassi dell’indicatore di inquinamento industriale sono quasi esclusivamente da attribuire ad elevate concentrazioni di cloruri, mentre per quanto riguarda i metalli pesanti le concentrazioni rilevate sono per lo più poco significative.

Per quanto riguarda il Fiume Arno, la situazione sembra meno preoccupante, tanto che alcuni dei campioni analizzati possono essere classificati nella classe di qualità ottima. Tuttavia si deve osservare che il sistema di classificazione adottato fornisce un giudizio globale sulla qualità delle acque, ma non consente di evidenziare gli eventuali superamenti dei limiti di qualità previsti dalla normativa per i singoli parametri. Se si fa riferimento al criterio di classificazione delle acque superficiali proposto dall’IRSA (quaderno n° 78), secondo cui la classe di qualità è determinata dal parametro appartenente alla classe peggiore, l’Arno nelle stazioni di Calcinaia e Pisa risulta generalmente classificato come fiume caratterizzato da un livello di inquinamento medio alto, con valori elevati del COD, dell’azoto ammoniacale e dei coliformi fecali.

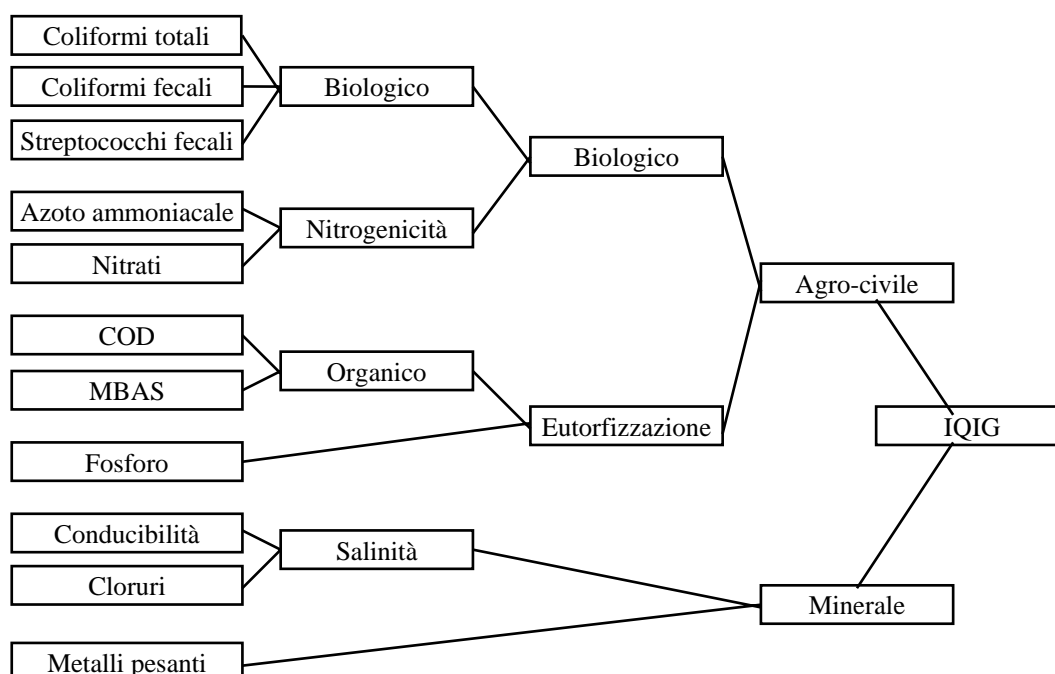


Figura 2.1 - Modello aggregativo degli indici di qualità delle acque superficiali

- **Qualità acque sotterranee**

Nel territorio comunale di Pisa sono presenti tre distinti orizzonti acquiferi: un acquifero freatico, un acquifero artesiano in ghiaia e un acquifero artesiano in sabbia. Le caratteristiche idrogeologiche di questo sistema saranno descritte in un successivo paragrafo relativo al sistema suolo e sottosuolo. Qui è nostro interesse fornire solo alcune informazioni relative alla qualità delle acque sotterranee.

L'*acquifero artesiano in ghiaia* costituisce l'unico orizzonte che nel territorio comunale viene sfruttato per approvvigionamento a scopi idropotabili. Per quanto riguarda la qualità delle acque di questo acquifero, le analisi periodicamente effettuate dall'Arpat sull'acqua dei pozzi situati a Cisanello (gli unici sul territorio comunale attualmente utilizzati per l'approvvigionamento idropotabile) confermano il rispetto delle concentrazioni massime ammissibili fissate dal DPR 236/88, che stabilisce appunto i requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano. Rispetto però ai valori guida fissati dal decreto, che, pur non costituendo dei limiti tassativi, rappresentano tuttavia degli obiettivi di qualità che devono essere perseguiti, i campioni analizzati rivelano talvolta valori elevati di magnesio, manganese, ferro e solfati. Il numero di dati da noi analizzati non risulta comunque sufficiente per valutare l'evoluzione nel tempo delle caratteristiche qualitative dell'acquifero.

Per quanto riguarda l'*acquifero artesiano in sabbia*, alcune analisi chimiche elaborate nel corso di un'indagine idrogeologica ed idrochimica effettuata nella zona di Pisa durante l'anno 1992¹ hanno evidenziato la presenza di due zone, una ubicata a NW e l'altra a N della città, in cui le acque risultano di tipo clorurato-alcaline e sono caratterizzate da alti valori di conducibilità elettrica, cloruri e sodio. Le caratteristiche chimico-fisiche principali della acque di queste zone sono: valori di conducibilità elettrica compresi tra 2.500 e 3.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, contenuto in cloruri pari a 700-950 mg/l e contenuto in sodio dell'ordine di 500 mg/l. Data l'elevata durezza (circa 80-90 °F) ed alcalinità (14-18 ml di HCl N/l) di queste acque nello studio citato è stata ipotizzata una alimentazione da parte di acque termominerali, provenienti dalla zona di S. Giuliano. Per quanto riguarda la situazione dell'inquinamento, sempre dallo studio citato emerge che la situazione in tale falda non risulta allarmante: dalle analisi eseguite su campioni prelevati nelle due zone, per la determinazione del contenuto in fosfati, ammoniaca, nitriti, nitrati e cianuri, che sono indici di inquinamento, risulta che tali ioni sono presenti in concentrazioni minime o assenti e rientrano nei valori limite consentiti dal DPR 236/88 per le acque destinate al consumo umano.

L'*acquifero freatico* generalmente non viene preso in considerazione perché l'acqua non è utilizzabile a scopi idropotabili sia per la scarsità della quantità immagazzinata, sia soprattutto per la sua qualità. Non sono purtroppo disponibili analisi relative alla qualità delle acque di questo acquifero.

Una particolare attenzione nell'analizzare i problemi di qualità delle acque sotterranee nel territorio comunale di Pisa deve essere posta all'intrusione marina, fenomeno più o meno caratteristico di tutte le pianure costiere. La presenza di un cuneo salino dipende da alcune condizioni, fra cui è indispensabile quella dell'esistenza di un collegamento diretto o indiretto (tramite un livello permeabile) con l'acqua di mare.

Nel caso della pianura pisana, i dati finora disponibili non consentono di valutare in modo quantitativamente preciso il fenomeno; permettono, però, di svolgere alcune

¹Rossi S. e Spandre R., Caratteristiche idrochimiche della I falda artesianiana in sabbia nei dintorni della città di Pisa, Acque sotterranee, 48, pp. 27-36, 1995.

considerazioni di un certo interesse per l'inquadramento del problema al fine di programmare analisi più dettagliate volte alla reale definizione e conoscenza del problema. Nella zona costiera del territorio comunale pisano, l'acquifero freatico e quello artesiano coincidono e sono separati, per mezzo di un livello a permeabilità relativa notevolmente inferiore, dal sottostante acquifero in ghiaia. Nella zona sud-occidentale, quest'ultimo orizzonte acquifero tende a risalire e a stabilire un collegamento idraulico con le sabbie del fondo marino.

Il fenomeno dell'intrusione del cuneo salino nel caso dell'acquifero freatico, grazie al suo ridotto spessore di circa 10 m, è limitato ad una fascia costiera molto ristretta. Infatti per quanto forti siano gli emungimenti, l'interfaccia raggiunge il livello impermeabile in uno spazio molto breve, impedendo un avanzamento verso l'interno del cuneo salino. Tale affermazione è confermata dalle analisi di alcuni campioni prelevati in pozzi del litorale, che mostrano una generale diminuzione del contenuto in cloruri e della conducibilità elettrica già a poche centinaia di metri dalla linea di costa.

Per quanto riguarda invece la falda artesianiana in ghiaia, il problema assume una portata differente e merita una attenzione particolare. Le analisi di alcuni campioni² hanno messo in evidenza un sensibile aumento dei parametri significativi (cloruri e conducibilità elettrica) in prelievi effettuati in pozzi situati qualche km ad Est rispetto alla costa; inoltre in un pozzo ubicato nella zona di Tombolo è stata valutata a circa -45 m s.l.m. la profondità dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata. Dai dati a disposizione è possibile ipotizzare che tale fenomeno sia legato ad un flusso di acqua salata, che procedendo verso l'interno, a causa dei forti emungimenti, verrebbe a contatto con il flusso di acqua dolce, determinando in tal modo una spessa zona di miscelazione. In particolare i forti emungimenti che si verificano soprattutto nella parte SW del territorio comunale di Pisa, determinano le condizioni favorevoli per il richiamo di acqua dal mare. Infatti confrontando i dati piezometrici e quelli relativi ai cloruri e alla conducibilità elettrica, si nota che durante il periodo estivo, in cui gli emungimenti aumentano sensibilmente, ad un abbassamento della superficie piezometrica corrisponde un aumento della conducibilità elettrica e della concentrazione dei cloruri, che determina un evidente spostamento verso l'interno delle curve con valori maggiori.

- **Qualità acque di balneazione**

I dati relativi a questo tematismo sono forniti dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), che a partire dal 1985 effettua le analisi in 20 punti di prelievo, dalla foce del Fiume Morto a Calambrone, nel periodo da aprile a settembre³.

Nella stagione balneare 1995 sono stati analizzati 327 campioni. Di questi, ai sensi del 470/82, sono risultati non favorevoli alla balneazione 53 campioni per aver superato il limite di legge di almeno un parametro chimico o batteriologico: n° 19 e n° 33 campioni hanno superato il limite rispettivamente per i parametri coliformi fecali, n° 3 per il parametro streptococchi fecali, n° 41 e n°29 rispettivamente per i parametri colorazione e trasparenza.

Relativamente al parametro ossigeno disciolto, la Regione Toscana si è avvalsa della deroga che stabilisce il limite fissato per la percentuale di saturazione tra 50 e 170. Soltanto n° 5 campioni prelevati alla stazione "Bocca di fiume Morto" sono scesi sotto il

²Rossi S. e Spandre R., L'intrusione marina nella falda artesianiana in ghiaia nel litorale pisano. Acque sotterranee, 43, pp. 51-58, 1994.

³Benedettini et al., Stato trofico del litorale pisano nella fascia costiera adibita alla balneazione, in "Qualità delle acque - Esperienze di lavoro dei Dipartimenti Provinciali dell'ARPAT", Volume 1, Regione Toscana Dipartimento dell'Ambiente, 1995.

limite inferiore del 50%. In assenza di deroga sarebbero risultati non idonei n° 10 campioni.

Lungo la linea di costa le maggiori anomalie sono state riscontrate davanti alla foce del fiume Morto e sono dovute principalmente all'elevato carico organico: valori al di sotto del 50% di saturazione di ossigeno disciolto sono stati evidenziati in concomitanza con valori elevati di concentrazione di batteri indice di inquinamento fecale.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

• Rete acquedottistica

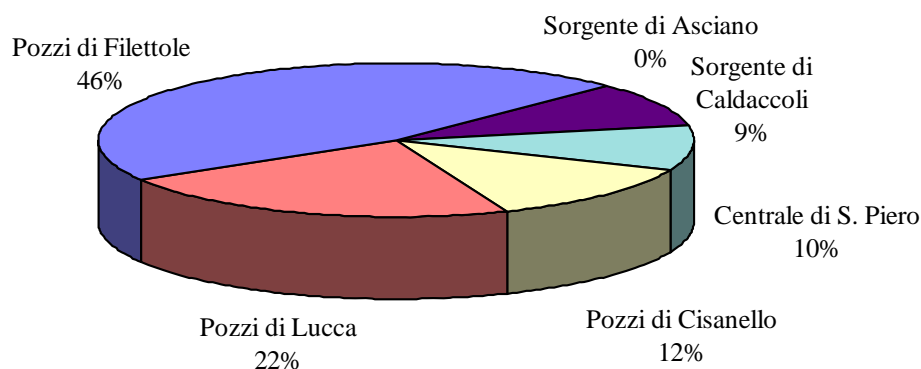
I dati relativi a questo tematismo sono forniti dall'azienda municipalizzata che gestisce i servizi di acquedotto, fognatura e depurazione, raccolta e smaltimento rifiuti (GEA - Azienda Servizi per l'Ambiente).

La quantità di acqua immessa nella rete acquedottistica ammonta a circa 19 milioni di mc/anno (di cui oltre l'80% viene acquistata da altri Comuni), mentre la quantità di acqua erogata risulta pari a circa 10,5 milioni di mc. Le perdite della rete, pari quasi al 45%, risultano quindi superiori alla media nazionale (30% circa). Questi dati sono relativi al 1995, ma sono rappresentativi dell'andamento degli ultimi 10 anni.

L'approvvigionamento idrico avviene prevalentemente da pozzi, di cui solo 8 sono situati sul territorio del Comune di Pisa, in località Cisanello. Nella tabella e nel grafico seguenti è riportata la ripartizione della quantità annua complessiva di acqua immessa in rete tra le diverse fonti di approvvigionamento:

Fonte di approvvigionamento	1990	1991	1992	1993	1994	1995
	milioni di mc/anno					
Sorgente di Asciano	-	0.048	0.053	0.052	0.03	0.007
Sorgente di Caldaccoli	0.668	1.727	2.028	1.851	1.928	1.770
Centrale di S. Piero	2.334	2.396	2.072	1.876	1.826	1.816
Pozzi di Cisanello	1.266	1.736	1.729	1.402	2.352	2.370
Pozzi di Lucca	5.936	5.367	5.046	4.694	4.670	4.256
Pozzi di Filettole	7.856	8.032	8.457	8.722	8.337	8.781
TOTALE	18.060	19.306	19.385	18.597	19.143	19.000

Ripartizione fonti di approvvigionamento (1995)



Il numero di utenze servite dall'acquedotto risulta pari a 38.000, che corrispondono praticamente alla totalità delle utenze presenti sul territorio.

• **Rete fognaria**

I dati relativi a questo tematismo sono forniti dall'azienda municipalizzata che gestisce i servizi di acquedotto, fognatura e depurazione, raccolta e smaltimento rifiuti (GEA - Azienda Servizi per l'Ambiente), e dall'Ufficio Urbanizzazione Primaria del Comune di Pisa.

Per quanto riguarda il sistema di raccolta e allontanamento delle *acque meteoriche*, il territorio comunale può essere così suddiviso:

- *Bacino Pisa Nord*: per l'area compresa tra Cisanello, Pisa Nova, Porta a Lucca, Centro e Pratale, la raccolta delle acque avviene attraverso una serie di canali, per la maggior parte del loro percorso tombati (Fosso dei Sei Comuni, Fosso del Marmigliaio, Fosso del Bargigli, Fosso Ozeretto), il cui recapito finale è il Fiume Morto; per l'area CEP, Barbaricina, S. Rossore, Porta Nuova, la raccolta avviene attraverso una serie di canali a cielo aperto (Fosso Tedaldo, Scolo di Barbaricina) che recapitano nella Fossa Cuccia, la quale scarica poi le acque sempre nel Fiume Morto.
- *Bacino Pisa Sud*: per l'area di S. Piero, La Vettola, Porta a Mare e per l'area cittadina posta a nord della ferrovia (dal Centro storico fino alla zona Stazione), la raccolta delle acque avviene attraverso una serie di canali (tra cui gli Scoli di Pisa) che recapitano nel Canale dei Navicelli; per l'area cittadina posta a sud della stazione e ad est della via dell'aeroporto le acque vengono recapitate attraverso il Fosso di S. Ermete all'impianto idrovoro dell'Aeronautica Militare, che solleva le acque e le scarica nel Canale dei Navicelli; per l'area a sud della stazione e ad ovest della via dell'aeroporto le acque vengono recapitate nella Fossa Sofina o nel Fosso S. Giusto, che le scaricano sempre nel Canale dei Navicelli; il bacino di Riglione è asservito al Fosso di Ceria, il bacino di Oratoio al Fosso di Oratoio, che attraverso il Fosso Titignano convoglia le acque all'idrovora di Coltano; infine per l'area di Ospedaletto il recapito delle acque è in parte il Fosso del Caligi (per la zona ad est di via Fagiana) e in parte il Fosso di S. Ermete (per la zona ad ovest di via Fagiana). Il recapito finale di tutto il bacino è comunque il Canale dei Navicelli.

- *Marina di Pisa, Tirrenia, Calambrone*: il recapito finale delle acque è il Canale Nuovo Lamone.

Per quanto riguarda il *sistema fognario*, il territorio comunale può essere così suddiviso:

- *Pisa Nord-Ovest*: include le zone di Pisa comprese tra il Centro Storico, Porta a Lucca, Gagno ed i Passi; è una delle zone cittadine servita, almeno in parte, da fognatura separata, che convoglia le acque reflue all'*impianto di depurazione di S. Jacopo*. All'impianto dovrebbero essere allacciati i quartieri CEP e Barbaricina, che attualmente scaricano in zona S. Rossore dopo un pretrattamento in vasche Imhof, e intere zone del Centro Storico, dotate di collettori principali costruiti negli anni '70 e mai utilizzati o per mancanza di piccoli tratti di collegamento, o per difetto di quota.
- *Pisa Nord-Est*: è una delle zone cittadine servita, in parte, da fognatura separata, che convoglia le acque reflue all'*impianto di depurazione La Fontina*. Per tale zona risulta necessario completare i collettori di fognatura mancanti e gli allacciamenti delle utenze nelle zone già servite dalla rete separata.
- *Pisa Sud-Est*: include le frazioni di Riglione, Oratoio e Ospedaletto; la sola frazione di Riglione risulta dotata di fognatura separata, che convoglia le acque reflue all'*impianto di depurazione di Oratoio*.
- *Pisa Sud-Ovest*: include tutta l'area cittadina racchiusa tra Porta a Mare, i quartieri di S. Martino, S. Antonio, Stazione, Porta Fiorentina, La Cella, S. Giusto, S. Marco, l'area di La Vettola-Luicchio-S. Piero; è completamente sprovvista di fognatura separata ma dotata esclusivamente di fosse biologiche e pozzetti a dispersione, oppure di alcuni piccoli impianti di depurazione autonomi a fanghi attivi.
- *Marina di Pisa*: servita da rete di fognatura mista, che convoglia le acque all'impianto di depurazione da poco entrato in funzione.
- *Tirrenia*: alla vecchia fognatura separata, realizzata negli anni '30, lungo tutto il viale del Tirreno lato abitazioni, dall'incrocio con Via della Bigattiera a Calambrone, si è aggiunta la nuova rete recentemente realizzata nella zona compresa tra Piazza Belvedere e Via del Vannini, dove è stato costruito il nuovo impianto di depurazione. Attualmente all'impianto confluisce la vecchia fognatura separata di Viale del Tirreno, oltre ad alcuni allacciamenti della nuova rete.

Le informazioni relative all'ubicazione degli impianti di depurazione e alle relative aree di territorio servite sono cartografate sulla base delle Sezioni Censuarie Istat (Tav. 2).

La mancanza, su quasi tutto il territorio occupato dalla città, di una fognatura separata fra acque bianche e nere, costituisce uno dei principali problemi ambientali, ed anche idraulici, della Pianura di Pisa.

● **Impianti di depurazione**

I dati relativi a questo tematismo sono forniti dall'azienda municipalizzata che gestisce i servizi di acquedotto, fognatura e depurazione, raccolta e smaltimento rifiuti (GEA - Azienda Servizi per l'Ambiente), e fanno riferimento, per le quantità trattate, al dicembre 1995. I dati relativi agli abitanti allacciati sono invece più aggiornati.

Per ogni impianto di depurazione, si riporta nel seguito una scheda sintetica descrittiva delle caratteristiche dimensionali e costruttive.

<u>Impianto La Fontina:</u>

<i>Anno di costruzione:</i> 1978;

Area di pertinenza: Pisa Nord-Est (Pratale, Don Bosco, S. Michele, Porta a Piagge, Cisanello, S. Biagio) e S. Giuliano Terme (frazioni di Ghezzano, Mezzana, Colignola, Campo, Asciano, Agnano);

Abitanti Serviti: 20.000 ab.eq. di cui 16.000 del Comune di Pisa e 4.000 del Comune di S. Giuliano Terme;

Potenzialità (stimata): 30.000 ab. eq.;

Processo: fanghi attivi convenzionali;

Quantità acque reflue trattate: 1.842.750 mc/anno (1995);

Corpo idrico ricettore: fosso scolo della Legnaia afferente al Fosso dei Sei Comuni;

NOTE: l'impianto è ubicato in zona fortemente urbanizzata, nei pressi del centro cittadino e di quartieri residenziali; nelle sue vicinanze sono stati realizzati insediamenti abitativi, commerciali e impianti sportivi, a distanze inferiori a quella di sicurezza igienica (100 m) prevista dalla L. 319/76. L'impianto presenta gravi carenze dal punto di vista del trattamento fanghi. Queste problematiche sono aggravate dalla recente urbanizzazione, sia per civile abitazione, che per attività terziarie e uffici, nell'area di Cisanello-Pisanova, che renderebbe necessario il raddoppio dell'impianto.

Impianto S. Jacopo:

Anno di costruzione: 1962, adeguamento funzionale nel 1981, ristrutturazione nel 1990, adeguamento idraulico nel 1995;

Area di pertinenza: Pisa Nord-Ovest (CEP, Barbaricina, Porta Nuova, I Passi, Porta a Lucca, S. Maria, S. Francesco) e S. Giuliano Terme (Centro, frazioni di Gello, Orzignano, Pappiana, Pontasserchio, S. Martino Ulmiano, Le Maggiolette, S. Andrea, Arena Metato, Madonna dell'Acqua, Rigoli, Pugnano, Molina di Quosa, Colognole, Ripafratta);

Abitanti Serviti: 18.000 ab.eq. di cui 13.000 del Comune di Pisa e 5.000 del Comune di S. Giuliano Terme;

Potenzialità: 40.000 ab. eq.;

Processo: fanghi attivi convenzionali con denitrificazione;

Quantità acque reflue trattate: 1.666.072 mc/anno (1995);

Quantità fanghi fosse biologiche trattati: 13.272,11 tonn/anno (1995);

Quantità percolato trattato: 1.795,82 tonn/anno (1995);

Corpo idrico ricettore: Fosso Ozeretto afferente al Fiume Morto;

NOTE: il depuratore, realizzato nei primi anni '60, è rimasto praticamente inutilizzato fino agli anni '80-'85.

Impianto di Oratoio:

Anno di costruzione: 1985;

Area di pertinenza: Pisa Sud-Est (Riglione, Oratoio, Ospedaletto, Putignano, S. Ermete) e Cascina (frazioni di Ripoli, S. Sisto al Pino, Musigliano, Pettori, Montione Badia, Titignano);

Abitanti Serviti: 1.500 ab.eq. di cui 1.000 del Comune di Pisa e 500 del Comune di Cascina;

Potenzialità (stimata): 10.000 ab. eq.;

Processo: fanghi attivi convenzionale;

Quantità acque reflue trattate: 321.510 mc/anno (1995);

Corpo idrico ricettore: Fosso degli Stecchi;

NOTE: il depuratore, realizzato nel 1985, è rimasto inattivo per circa 8 anni per mancanza di arrivo delle acque reflue ed ha iniziato ad innescare i processi depurativi nell'ottobre del 1984.

Impianto di Tirrenia:*Anno di costruzione:* 1995;*Area di pertinenza:* Tirrenia e Calambrone;*Abitanti Serviti:* 1.600-1.800 ab.eq.;*Potenzialità (stimata):* 35.000 ab. eq.;*Processo:* fanghi attivi convenzionale;*Quantità acque reflue trattate:* 23.683 mc/anno (dato parziale perchè l'alimentazione dell'impianto iniziata il 4/12/95);*Corpo idrico ricettore:* Canale Nuovo Lamone;*NOTE:* l'impianto è stato dimensionato per fare fronte alle punte di carico stagionali.**Impianto di Marina di Pisa:***Anno di costruzione:* 1995;*Area di pertinenza:* Marina di Pisa;*Abitanti Serviti:* 5.600-6.000 ab.eq.;*Potenzialità (stimata):* 10.000 ab. eq.;*Processo:* fanghi attivi convenzionale;*Quantità acque reflue trattate:* 0 (dato annuo non disponibile perchè l'impianto è appena entrato in funzione);*Corpo idrico ricettore:* Canale Nuovo Lamone;*NOTE:* l'impianto è da poco entrato in funzione.

Oltre agli impianti di depurazione centralizzati, esistono sul territorio comunale alcuni piccoli impianti di depurazione presso attività industriali ed artigianali. Nella tabella che segue sono riassunti i dati relativi al numero di impianti presenti per tipologia e alle quantità annue trattate complessivamente.

Tipo impianto	N° aziende	Quantità trattata (mc/anno)
Biologico a fanghi attivi	10	308.509
Chimico-fisico	11	246.492
Chimico-fisico + biologico	2	0
Fisico	1	0
Fosse biologiche	18	199.082
Fosse settiche	1	72
Pozzetti di decantazione	11	4.597
Pozzi assorbenti	1	0
Vasca di equalizzazione	6	926
TOTALE	61	759.678

- **Sistema di monitoraggio**

I dati relativi a questo tematismo sono forniti dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) e dall'Ufficio Ambiente del Comune.

L'ARPAT è l'Ente che effettua le analisi di qualità delle acque superficiali, sotterranee (ad uso idropotabile) e di balneazione.

Per quanto riguarda le acque superficiali, le analisi sono effettuate con cadenza mensile per il Fiume Arno (2 stazioni fisse: Calcinai e Pisa, dal 1990) e con cadenza trimestrale per alcuni fossi e canali (fosso Caligi, fosso Ceria, fosso Oratoio, fosso Chiara -Arnaccio e

Biscottino-, fosso Titignano, fosso Torale, fiume Morto -Campalto, Figuretta e Sterpaia-, fosso Cuccia, fosso Tedaldo, fosso Oncinetto, fosso Ozzeretto, canale dei Navicelli - Darsena, Mortellini, Ponte Mobile-, canale Scolmatore -Gello, Calambrone, Vicarello-, fosso Sofina, scoli di Pisa; per lo più a partire dal 1990). I parametri monitorati sono i seguenti:

- pH;
- Temperatura;
- Durezza;
- Conducibilità;
- Ossigeno disciolto;
- Solidi Sospesi;
- COD (Domanda Chimica di Ossigeno);
- Tensioattivi anionici (MBAS);
- Azoto ammoniacale, nitroso e nitrico;
- Cloruri;
- Solfati
- Fosfati;
- Metalli pesanti;
- Coliformi;
- Streptococchi fecali;
- Salmonelle;
- Vibrioni.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, ai fini del controllo della potabilità vengono effettuate periodicamente le analisi di qualità delle acque dei pozzi impiegati per l'approvvigionamento idrico. Saltuariamente vengono anche effettuate analisi delle acque di altri pozzi, generalmente a supporto di studi condotti in collaborazione con l'Università di Pisa.

Per quanto riguarda le acque di balneazione, le analisi sono effettuate ogni 15 giorni nel periodo da aprile a settembre in 26 punti di prelievo lungo la costa, da Migliarino a Calambrone, a partire dal 1985.

Per quanto riguarda infine i prelievi e scarichi idrici delle attività produttive, presso l'Ufficio Ambiente del Comune di Pisa viene gestito un database con le informazioni relative alle richieste di autorizzazione allo scarico ai sensi della L. 319/76, nel quale sono archiviati i seguenti dati:

- informazioni generali sul rilascio dell'autorizzazione allo scarico;
- prelievi di acqua effettuati dalle aziende, con indicazione della data, della fonte di approvvigionamento (acquedotto o pozzo), n° di pozzi e data di eventuale sigillatura, delle quantità scaricate (mc/anno distinte in civili, di lavorazione e di raffreddamento), delle percentuali di riciclo;
- scarichi di acque reflue effettuati dalle aziende, con indicazione del recapito finale, dell'eventuale tipo di trattamento di depurazione e delle quantità scaricate (mc/anno distinti in civili, di lavorazione e di raffreddamento), della tabella di legge che quel tipo di scarico è tenuto a rispettare;
- risultati delle analisi di qualità degli scarichi idrici effettuate dalla USL-ARPAT nelle operazioni di controllo, con indicazione della data in cui sono state effettuate le analisi, del parametro analizzato e del corrispondente valore registrato, della tabella di legge che quello scarico è tenuto a rispettare.

2.2.2. Sistema aria

Indicatori di pressione

- **Emissioni di origine civile**

Le emissioni di origine civile provengono essenzialmente dai processi di combustione derivanti dalle funzioni urbane civili di riscaldamento e di produzione acqua calda.

Se ci si riferisce a combustibili puri ed alla trasformazione chimica che subiscono in un processo di combustione completo, le uniche emissioni risultano essere CO₂ e H₂O, gas di effetto serra. In realtà, oltre a questi composti principali, il processo genera una serie di sostanze inquinanti per tre motivi essenziali:

- il processo è in varia misura incompleto e ciò porta alla presenza nel gas di combustione di CO, idrocarburi incombusti o parzialmente ossidati, particelle carboniose;
- le condizioni del processo innescano reazioni secondarie indesiderate che coinvolgono l'azoto atmosferico per produrre principalmente NO e NO₂;
- le impurezze od additivi presenti in varia misura nei combustibili determinano emissioni ad essi associati quali SO₂, SO₃, NO, NO₂, polveri inorganiche, HCl, etc.

Il tipo e la quantità di inquinanti emessi dal processo di combustione dipendono in gran parte dalle caratteristiche del combustibile, e in parte dalla messa a punto degli impianti di combustione.

Proprio per lo stretto legame esistente tra emissioni di origine civile e consumo di combustibili, l'analisi di questo fattore di pressione viene condotta nel successivo capitolo relativo al sistema energia. In tale capitolo, partendo dalle informazioni relative ai consumi di metano della città di Pisa, si procede all'elaborazione delle stime delle emissioni inquinanti attraverso l'applicazione dei parametri di conversione formulati dal programma europeo CORINAIR.

- **Emissioni da traffico veicolare**

Le emissioni atmosferiche da traffico veicolare possono suddividersi in due distinte tipologie: le emissioni allo scarico e quelle evaporative⁴.

Le prime, quantitativamente più rilevanti, sono una diretta conseguenza del processo di combustione e, come tali, risultano dipendenti, in maniera molto complessa e di difficile valutazione pratica, da una serie di fattori legati al tipo di veicolo, al ciclo di funzionamento ed alla configurazione del motore, al suo regime di utilizzo, allo stato di usura ed al combustibile utilizzato. La loro caratterizzazione qualitativa evidenzia la presenza dei macroinquinanti tipici della combustione (monossido di carbonio, idrocarburi, ossidi di azoto, materiale particolato, anidride solforosa) accanto ad alcuni microinquinanti derivanti anch'essi dalla combustione, o già presenti nel combustibile utilizzato.

Le emissioni evaporative derivano sostanzialmente dalla volatilità del combustibile, e risultano pertanto costituite unicamente da idrocarburi. Esse si verificano sia durante la marcia che nelle soste a motore spento e presentano, oltre ad un'ovvia correlazione con il tipo di combustibile e con le condizioni ambientali esterne, dipendenze piuttosto complesse anche con la configurazione del motore ed il suo regime di utilizzazione.

La complessità dei processi di emissione da traffico veicolare non ha consentito di effettuare una stima quantitativa degli inquinanti emessi in atmosfera. Tuttavia l'analisi

⁴Giuliano M., Emissioni da combustioni mobili, Corso di inquinamento atmosferico e depurazione, Politecnico di Milano, 1991.

della mobilità nel Comune di Pisa fornisce alcune informazioni essenziali per valutare quantitativamente il fenomeno.

I dati relativi alla mobilità sono forniti dall'osservatorio della mobilità veicolare del Comune di Pisa e dalla società TAGES s.c.r.l.⁵, consulente dell'Amministrazione Comunale su mobilità, traffico e trasporti.

Per la valutazione della mobilità all'interno del Comune, e conseguentemente dei mezzi dei trasporto circolanti, è innanzitutto interessante analizzare i dati sul pendolarismo del Censimento della popolazione ISTAT (1991). Con il censimento viene infatti rilevato il numero di persone che effettuano spostamenti pendolari (casa-studio, casa-lavoro) intercomunali e subcomunali, suddiviso per mezzo di trasporto. Questo dato consente di apprezzare il peso rivestito da ciascuna modalità di trasporto nel soddisfacimento delle esigenze di mobilità dell'utenza sistematica.

Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi dei dati relativi al Comune di Pisa, elaborata dalla società TAGES.

Persone residenti nel Comune di Pisa che si recano giornalmente al luogo di studio o di lavoro secondo il mezzo di trasporto impiegato:

Pendolarismo per mezzo di trasporto	destinazione Comune di Pisa		Altra destinazione	
	Nessun mezzo (a piedi)	5.411	15,6%	0
Treno	269	0,8%	1.453	22,8%
Autobus, filobus, corriera	4.253	12,3%	434	6,8%
Autobus aziendale o scolastico	220	0,6%	30	0,5%
Auto privata (come conducente)	12.648	36,5%	3.993	62,6%
Auto privata (come passeggero)	1.355	3,9%	247	3,9%
Motocicletta, ciclomotore, scooter, bicicletta	10.443	30,1%	169	2,6%
Altro mezzo	81	0,2%	57	0,9%
TOTALE	34.680	100,0%	6.383	100,0%

Persone che si recano giornalmente nel Comune di Pisa per studio o lavoro secondo il mezzo di trasporto:

Pendolarismo per mezzo di trasporto	Provenienza Comune di Pisa		Altra provenienza	
	Nessun mezzo (a piedi)	5.411	15,6%	0
Treno	269	0,8%	12.282	31,7%
Autobus, filobus, corriera	4.253	12,3%	5.342	13,8%
Autobus aziendale o scolastico	220	0,6%	403	1,0%
Auto privata (come conducente)	12.648	36,5%	16.611	42,9%
Auto privata (come passeggero)	1.355	3,9%	1.723	4,5%
Motocicletta, ciclomotore, scooter, bicicletta	10.443	30,1%	1.949	5,0%
Altro mezzo	81	0,2%	407	1,1%
TOTALE	34.680	100,0%	38.717	100,0%

Dalla prima tabella si può osservare che il numero di residenti nel Comune di Pisa che lavorano o studiano nel Comune stesso (pendolarismo interno) risulta pari a 34.680,

⁵TAGES s.c.r.l., Incarico di consulenza professionale e progettazione su mobilità, traffico e trasporti - Rapporto intermedio, Comune di Pisa, Assessorato uso e assetto del territorio, Settembre 1996.

corrispondente all'85% dei residenti che giornalmente si spostano per studio e/o lavoro. Di questi, la percentuale più alta utilizza l'auto privata (36,5% come conducente + 3,9% come passeggero). Anche per recarsi in altro luogo di studio e/o lavoro, i residenti utilizzano prevalentemente l'auto privata (62,6% come conducenti + 3,9% come passeggeri).

Dalla seconda tabella risulta invece che il numero di persone residenti in altri comuni della Toscana (o in altre regioni) che si recano giornalmente a Pisa per lavoro e/o studio sono 38.717; anche in questo caso il mezzo di trasporto più utilizzato risulta essere l'automobile privata (42,9% come conducenti + 4,5% come passeggeri).

L'elevato impiego dell'automobile come mezzo di trasporto comporta notevoli problemi di traffico, in particolare nell'area centrale della città di Pisa.

Relativamente a questo aspetto, sono disponibili alcuni dati sui flussi di traffico per origine/destinazione rilevati in un'indagine effettuata dal Comune nel maggio 1992⁶.

Delle 21 sezioni di rilevamento utilizzate nell'indagine, 17 sono ubicate lungo un cordone che recinge l'area centrale della città, le altre 4 sono localizzate nella parte orientale dell'area periferica.

In una prima fase dell'indagine sono stati raccolti i dati quantitativi sui flussi di traffico suddivisi in 6 categorie di veicoli: automobili, veicoli merci fino a 30 q.li, veicoli merci oltre 30 q.li, cicli e motocicli, autobus di linea, autobus turistici.

I risultati del rilevamento, suddivisi per categoria di veicoli (esclusa la categoria cicli e motocicli) sono riportati nella tabella seguente:

Ora	Entrata nel centro				Uscita dal centro			
	Auto	Merci	Bus	Totale	Auto	Merci	Bus	Totale
7-2								
numero	121.700	10.100	950	132.750	116.500	9.800	930	127.230
%	91,7	7,6	0,7	100,0	91,6	7,7	0,7	100,0
Ore punta mattin.								
numero	12.300	1.300	45	13.645	8.300	1.100	30	9.430
%	90,2	9,5	0,3	100,0	88,0	11,7	0,3	100,0
Ore punta pomer.								
numero	10.900	600	50	11.550	12.400	570	40	13.010
%	94,4	5,2	0,4	100,0	95,3	4,4	0,3	100,0

Si può osservare che nell'arco della giornata di transito è costante il rapporto fra le 3 categorie di veicoli. Nell'ora di punta pomeridiana l'incidenza delle auto sia in entrata che in uscita dal centro è superiore rispetto all'ora di punta mattutina.

Tra i veicoli merci che transitano, il 73% rientrano nella categoria inferiore a 30 Q.li, il restante 27% risulta superiore a 30 Q.li. Per quanto riguarda invece gli autobus, il 57% di quelli che transitano sono turistici, il 46% sono invece del servizio pubblico di linea.

Per la categoria "cicli e motocicli", il volume di traffico e la % rispetto alla categoria "automobili" viene espressa dal seguente prospetto:

Ora	Entrata nel centro			Uscita dal centro		
	Auto	Cicli	% Cicli/Auto	Auto	Merci	% Cicli/Auto

⁶Rossi G., Osservatorio della mobilità veicolare, Comune di Pisa, Assessorato al traffico e all'ambiente, 1993.

7-2	121.700	44.600	37,0	116.500	37.000	32,0
Ore punta mattin.	12.300	4.800	39,0	8.300	1.400	17,0
Ore punta pomer.	10.900	3.000	27,5	12.400	3.400	27,5

In una seconda fase dell'indagine, utilizzando un apposito questionario, sono state invece effettuate interviste Origine/Destinazione ad un campione significativo di automobilisti. L'indagine ha evidenziato che le strade con numero di auto superiore alle 10.000 transittanti nell'arco giornaliero 7-21 sono:

- in entrata:
 - Via Vittorio Veneto, con 15.400 auto;
 - Ponte delle Bocchette, con 14.700 auto;
- in uscita:
 - Ponte delle Bocchette, con 14.000 auto;
 - Via Garibaldi, con 15.500 auto;
 - Via Conte Fazio con 13.050 auto;
 - Via Matteotti, con 12.530 auto.

I risultati di questa seconda fase dell'indagine, rielaborati dalla società TAGES, sono riportati nelle successive tabelle. In particolare, nelle prime due tabelle, in riferimento alle due fasce orarie di rilevazione (7,30-9,30 e 18,00-20,00), si evidenziano, tramite opportuni accorpamenti delle zone di indagine, gli interscambi veicolari tra aree esterne del territorio comunale, aree urbane e Centro Storico.

Indagine origine destinazione - mattina (7,30-9,30)

Origine	Destinazione			Totale
	area urbana	aree esterne	centro storico	
area urbana	3.637	2.325	3.894	9.856
aree esterne	3.264	900	8.276	13.439
centro storico	1.537	2.335	321	4.193
Totale	8.438	5.559	12.490	26.488

Indagine origine destinazione - sera (18,00-20,00)

Origine	Destinazione			Totale
	area urbana	aree esterne	centro storico	
area urbana	4.897	3.279	2.801	10.976
aree esterne	3.422	1.077	3.690	8.188
centro storico	3.538	5.036	316	8.890
Totale	11.857	9.391	6.806	28.055

Indagine per area esterna di origine/destinazione

Zona origine	Destinazione		
	area urbana	centro storico	Totale
<i>Mattina (7,30-9,30)</i>			

Calci-Vicopisano (s.p. Vicarese)	780	1.699	2.479
Cascina-Pontedera (s.s. 67)	691	2.564	3.254
Collesalveti (s.s. 206 Emilia)	108	338	446
Gello-Pontasserchio (s.c. Gello)	198	223	421
Livorno (s.s. 1 Aurelia Sud)	244	786	1.030
Madonna dell'Acqua (s.s. 1 Aurelia Nord)	339	818	1.157
Marina di Pisa-Tirrenia (s.s. 224)	253	591	843
S. Giuliano Terme-Lucca (s.s. 12)	401	790	1.191
Vecchiano (s.p. S. Jacopo)	251	468	719
Totale	3.264	8.276	11.539
<i>Sera (18,00-20,00)</i>	Destinazione		
Zona origine	area urbana	centro storico	Totale
Calci-Vicopisano (s.p. Vicarese)	920	778	1.698
Cascina-Pontedera (s.s. 67)	878	1.092	1.970
Collesalveti (s.s. 206 Emilia)	90	97	187
Gello-Pontasserchio (s.c. Gello)	71	112	184
Livorno (s.s. 1 Aurelia Sud)	312	387	699
Madonna dell'Acqua (s.s. 1 Aurelia Nord)	298	351	649
Marina di Pisa-Tirrenia (s.s. 224)	393	421	814
S. Giuliano Terme-Lucca (s.s. 12)	296	320	616
Vecchiano (s.p. S. Jacopo)	163	132	295
Totale	3.422	3.690	7.111

Analizzando nel dettaglio la situazione nel centro storico, che, per la sua conformazione, è l'area più critica per il traffico veicolare, si può osservare dalle tabelle che al mattino il numero complessivo di auto aventi destinazione nel centro storico è di 12.490, mentre il numero di auto in uscita è di 3.872, da cui risulta che il numero complessivo di auto in movimento nel centro storico è pari a 16.362.

Per quanto riguarda invece la fascia oraria serale, il numero di auto con destinazione nel centro storico risulta pari a 6.806, il numero in uscita è pari a 8.574, per cui complessivamente il numero di auto in movimento nel centro storico risulta pari a 15.370. Considerando poi i dati sul volume orario massimo in ingresso e in uscita dall'area centrale, viene anche stimato il flusso di attraversamento dell'area centrale stessa⁷, che risulta pari a 3.266 auto nell'ora di punta del mattino e a 3.625 auto nell'ora di punta del pomeriggio.

- **Emissioni da attività produttive**

Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico da attività produttive, non è possibile fornire una caratterizzazione generale della tipologia di emissioni, in quanto queste dipendono da molteplici fattori: dal settore, dalla tipologia di materie prime impiegate, dai processi produttivi, dalle tecnologie impiegate, dagli impianti di abbattimento, etc.

Partendo dall'analisi delle sorgenti di emissione, nel Comune di Pisa possiamo individuare sia sorgenti puntuali (attività produttive isolate), che sorgenti areali (zona industriale e artigianale di Ospedaletto). In particolare l'area industriale ed artigianale di Ospedaletto conta complessivamente 183 imprese, di cui 80 operanti nel settore manifatturiero, 15 nel settore costruzioni, 61 nel commercio, 8 nel settore trasporti e le restanti 19 nel settore servizi. Per lo più si tratta di piccole imprese con meno di 10 addetti, e non tutte comportano l'emissione in atmosfera di sostanze inquinanti.

⁷Comune di Pisa (Ed.), Piano della mobilità cittadina, relazione, elaborato da: Paolo Ferrari, dicembre 1992.

Per individuare e caratterizzare le emissioni inquinanti da attività produttive nel Comune di Pisa, si è fatto riferimento ai dati forniti dalla Provincia di Pisa, relativi alle domande di emissione in atmosfera presentate dalle imprese ai sensi del DPR 203/88. In base a tale decreto, tutti gli impianti che possono dar luogo ad emissioni nell'atmosfera sono tenuti a presentare all'autorità competente domanda di autorizzazione, corredata da una relazione tecnica contenente la descrizione del ciclo produttivo, le tecnologie adottate per prevenire l'inquinamento, la quantità e la qualità delle emissioni.

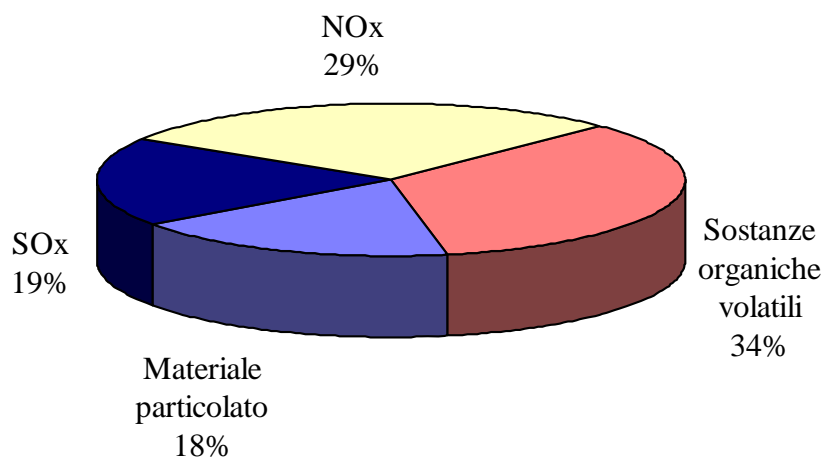
Dalle elaborazioni effettuate dalla Provincia di Pisa, è emerso che sul territorio comunale esistono 75 attività produttive che comportano l'emissione in atmosfera di sostanze inquinanti. Nella tabella seguente si riporta una stima della quantità dei principali inquinanti potenzialmente emessa dalle attività produttive nel complesso. Nell'interpretare tale dato, si deve tenere presente che è stato calcolato in base alle quantità di inquinanti che le imprese hanno richiesto di poter emettere; si tratta pertanto di un dato approssimato, che fornisce solo un'indicazione di massima.

Stima delle quantità dei principali inquinanti emesse dalle attività produttive

Principali inquinanti	Quantità emessa (kg/anno)
Sostanze Organiche Volatili*	203.055
Materiale Particolato	106.108
SO _x	112.061
NO _x	169.150

* quasi esclusivamente di classe III, IV e V.

Principali inquinanti emessi dalle attività produttive



Nella tabella seguente si riporta invece la ripartizione delle imprese che comportano emissioni in atmosfera per categoria produttiva.

Ripartizione delle imprese per categoria produttiva

Categoria produttiva	n° imprese
Autocarrozzeria	29
Lavanderia	3

Lavorazione artigianale metalli	3
Industria chimico-farmaceutica	4
Industria vetro	3
Industria legno e mobili	7
Industria materie plastiche	3
Industria meccanica	6
Altro	17
TOTALE	75

Sempre nelle elaborazioni effettuate dalla Provincia di Pisa, le attività produttive sono state classificate in cinque classi di impatto in base alla tipologia di inquinanti emessi in atmosfera, alla loro portata e durata e alle caratteristiche generali degli impianti. I risultati di questa approssimativa classificazione sono riportati nella tabella che segue, da cui si può notare che la maggior parte delle imprese comportano un impatto basso o trascurabile (54,7%), e solo 6 sono classificate ad elevato impatto.

Classificazione delle attività produttive in base all'impatto delle emissioni inquinanti

Classe di impatto emissioni	n° imprese	% sul numero
A - impatto trascurabile	12	16,0
B - impatto basso	29	38,7
C - impatto medio	20	26,7
D - impatto medio-elevato	8	10,7
E - impatto elevato	6	8,0
TOTALE	75	100,0

Per quanto riguarda infine l'ubicazione, 24 attività produttive (il 32%) sono localizzate nella zona industriale ed artigianale di Ospedaletto, le restanti 51 sono distribuite sul territorio comunale, per lo più a distanza dalla città di Pisa.

In particolare, delle 6 aziende ad impatto elevato, 1 è ubicata ad Ospedaletto, le altre 5 sono invece sorgenti isolate, 3 delle quali localizzate a poca distanza dai centri abitati.

Indicatori di stato

- **Qualità aria**

I dati relativi alla qualità dell'aria sono forniti dalla Provincia di Pisa e dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT).

Partendo dall'analisi dei dati rilevati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria, nel Comune di Pisa emerge complessivamente una diminuzione dei livelli di inquinamento dal 1990 ad oggi, con una stabilizzazione della situazione negli ultimi tre anni su livelli di inquinamento non allarmanti, ma caratterizzati comunque da alcuni episodi di superamento dei limiti di legge (DM 25.11.94). Il numero di giorni all'anno in cui si sono superati i livelli di attenzione fissati dal DM 25.11.94 è riassunto nella tabella successiva.

In allegato si riportano inoltre i grafici che illustrano l'andamento annuo delle concentrazioni dei principali inquinanti rilevate dalle stazioni fisse, per l'anno 1995.

Numero di giorni all'anno in cui si sono rilevati superamenti dei livelli di attenzione fissati dal DM 25.11.94.

CENTRALINA	ANNO	CO	NO₂	SO₂	POLV.
Contessa Matilde	1996	4	0	n.r.	n.r.
Conte Fazio	1996	1	16	0	0

Giardino Scotto	1996	0	0	0	0
P.zza Guerrazzi	1996	1	1	n.r.	n.r.
Contessa Matilde	1995	6	0	n.r.	n.r.
Conte Fazio	1995	0	0	0	0
Giardino Scotto	1995	0	0	0	1
P.zza Guerrazzi	1995	0	1	n.r.	n.r.
Contessa Matilde	1994	6	0	n.r.	n.r.
Conte Fazio	1994	0	1	0	0
Giardino Scotto	1994	0	0	0	n.r.
P.zza Guerrazzi	1994	3	1	n.r.	n.r.
Contessa Matilde	1993	11	1	n.r.	n.r.
Conte Fazio	1993	3	34	0	4
P.zza Guerrazzi	1993	6	1	n.r.	n.r.
Conte Fazio	1992	2	44	0	2
P.zza Guerrazzi	1991	13	31	0	n.r.
P.zza Guerrazzi	1990	10	64	0	n.r.

n.r. = parametro non rilevato

Considerando i dati rilevanti nel 1996, per il biossido di azoto si sono registrati 16 episodi di superamento del valore orario di 200 µg/mc, tutti verificatisi nella sola postazione di via Conte Fazio; su base annua tale limite deve essere rispettato nel 98% dei casi (ex DPR 203/88); in altre parole sono concessi 175 superi all'anno. Anche il limite annuo risulta quindi rispettato.

Rilevazioni temporanee del biossido di azoto effettuate dalla postazione mobile in piazza Garibaldi hanno invece evidenziato ben 13 superamenti del limite su 261 rilevazioni; si tratta quindi di circa il 5% dei dati al di sopra dei limiti previsti e questa situazione, qualora fosse effettivamente rappresentativa di tutto l'anno, porterebbe ad un mancato rispetto dello standard di qualità dell'aria.

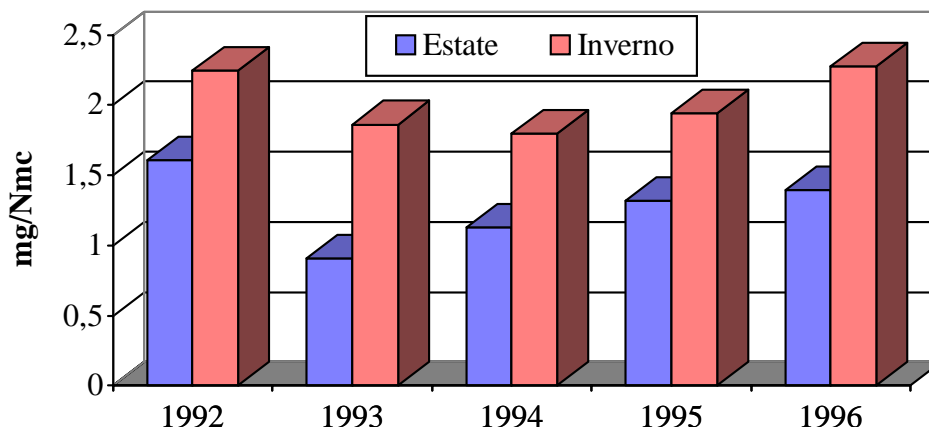
L'altro inquinante che ha talvolta superato i limiti è l'ossido di carbonio, il quale ha oltrepassato il valore di 15 mg/mc per 4 volte nella stazione di via C. Matilde ed una volta rispettivamente in altre due centraline. In una sola occasione nel corso del 1996 si è raggiunto lo stato di attenzione, mentre lo standard orario di qualità dell'aria (40 mg/mc come valore orario da non superare) è stato comunque sempre rispettato. In 3 occasioni nella centralina di via Contessa Matilde è stato invece superato il valore limite di 10 mg ammesso sulla media di 8 ore.

Tutti gli altri inquinanti non hanno mai superato i limiti previsti.

E' importante notare che, secondo le direttive dell'Unione Europea, i limiti relativi al biossido di azoto saranno considerevolmente abbassati, portando il valore limite da 200 µg/mc a 125. In questa ipotesi gli attuali dati non garantirebbero il rispetto del limite.

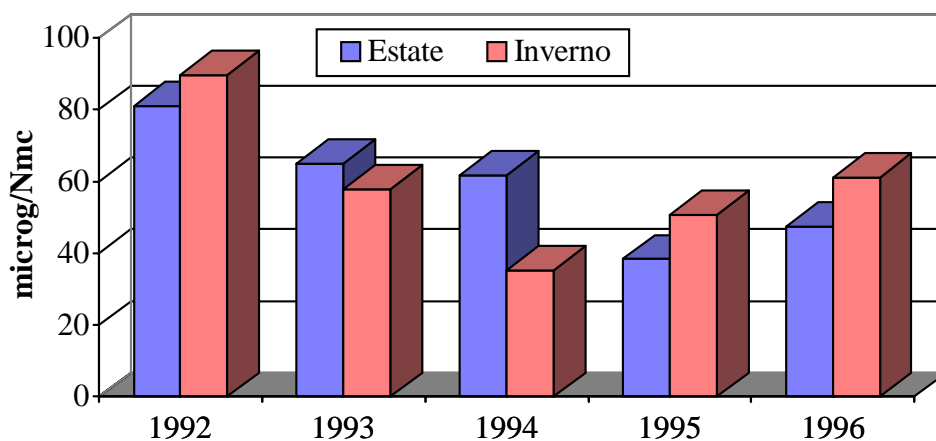
Analizziamo ora l'evoluzione temporale delle concentrazioni di inquinanti rilevate dalle centraline. Nonostante la complessiva tendenza, dal 1990 ad oggi, alla diminuzione degli episodi di superamento dei livelli di attenzione, le elaborazioni effettuate dalla Provincia di Pisa sulla serie storica delle concentrazioni orarie hanno evidenziato, in tutte le stazioni di rilevamento, per il monossido di carbonio, un incremento delle concentrazioni medie semestrali dal 1995 al 1997. Per fornire un'indicazione sull'entità di tale incremento, nel grafico seguente si riporta l'andamento delle medie semestrali (estate e inverno) di CO rilevate nella stazione di via Conte Fazio, dal 1992 ad oggi.

Concentrazioni orarie medie semestrali di CO via Conte Fazio



Anche per il biossido di azoto, nelle stazioni di via Conte Fazio e via Contessa Matilde, si rileva un incremento delle medie semestrali (vedi grafico seguente per via Conte Fazio), mentre per gli altri inquinanti (SO₂, Polveri, Ozono e Idrocarburi non metanici) si osserva una progressiva diminuzione. Per l'ozono, una campagna appositamente rivolta a misurare le concentrazioni estive⁸ ha messo in evidenza una tendenza all'accumulo di questo inquinante, prodotto nelle aree urbane, in zone lontane dal traffico (Arena Metato, Monte Serra), dove non ha la possibilità di essere distrutto.

Concentrazioni orarie medie semestrali di NO2 via Conte Fazio



Le stazioni fisse di monitoraggio, per il loro carattere puntuale, non consentono tuttavia di caratterizzare l'effettiva distribuzione territoriale degli inquinanti in atmosfera. Se si considerano infatti i risultati di alcune campagne di breve durata effettuate con il laboratorio mobile, si rilevano situazioni di significativo inquinamento in alcune vie caratterizzate da intenso traffico, con formazione di code e rallentamenti, che non sono però rilevate dalle stazioni fisse esistenti.

⁸Ciacchini G., Vincentini M., Nottoli R., Giacconi V., Misure di ozono in aree urbane ed extraurbane nell'estate 1995, Unità Operativa di Chimica Ambientale - SMPA Aziende USL 5 di Pisa, 1995.

In questo senso alcune indicazioni aggiuntive possono essere dedotte dall'analisi dei risultati di uno studio recentemente condotto, teso alla valutazione della reale diffusione di alcuni inquinanti atmosferici (NO₂, benzene, CO) nell'area urbana di Pisa⁹. Nel corso di tale studio sono state condotte due campagne di monitoraggio (primavera 1995 e inverno 1996) con monitori passivi, che permettono, per il loro elevato numero, di disegnare mappe dettagliate delle concentrazioni puntuali degli inquinanti aerodispersi.

Per quanto riguarda il benzene, da tale indagine è emersa una situazione preoccupante, con numerosi episodi giornalieri di superamento, nelle aree a traffico intenso, del valore fissato come "obiettivo di qualità" (15 µg/mc) dalla recente normativa italiana (D.M. 25.11.94) come valore medio annuale delle medie giornaliere. Nella tabella successiva si riportano i risultati dei campionamenti nelle due campagne di monitoraggio.

Risultati dei campionamenti: concentrazioni giornaliere di benzene (µg/mc)

Classi	Postazione	I° campagna - primav.	II° campagna - inverno
c	via Hermada	14	13
b	via Lucchese	19	24
c	largo Nievo	6	5
b	via XXIV Maggio	14	10
a	via C. Matilde	26	24
c	via Don Bosco	13	19
c	p.zza B. da Sassoferrato	13	17
a	p.zza Del Rosso	20	20
e	Borgo Stretto	10	15
d	p.zza Cavalieri	7	9
d	via S. Martino	10	11
a	p.zza Guerrazzi	18	17
a	via Corridoni	14	16
e	p.zza Giusti	11	9
b	via S. Ermete	10	9
e	via B. Croce	12	16
d	p.zza del Carmine	5	8
a	Ponte Soflerino	16	15
a	via Aurelia	13	21
e	p.zza Manin	10	14
b	via Pietrasantia	-	21
d	via S. Maria	-	10
a	lungarno Galilei	-	22
MEDIA		13	15

a - traffico intenso

b - traffico scorrevole periferico

c - traffico residenziale

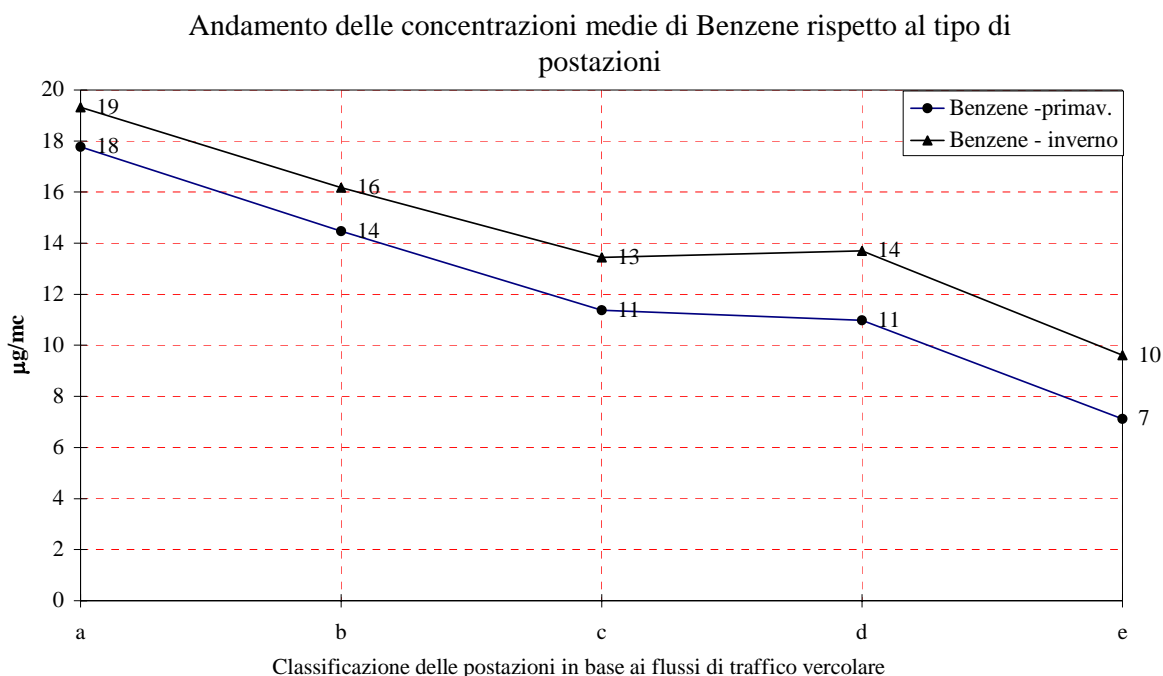
d - traffico limitato pedonale

e - adiacente a traffico intenso

Nel grafico seguente è inoltre riportato l'andamento delle concentrazioni medie di benzene rispetto al tipo di postazioni: si può osservare che nelle postazioni caratterizzate da traffico

⁹Barale R. (Resp. ricerca), Amministrazione Provinciale di Pisa (per conto di), Studi sui livelli di alcuni inquinanti atmosferici nell'area urbana di Pisa con particolare riferimento alla esposizione personale e sulle possibili correlazioni con effetti precoci sulla salute, 1996.

intenso e da traffico scorrevole periferico l'obiettivo di qualità viene mediamente superato. Sempre dal grafico è possibile rilevare la sostanziale ripetitività dell'andamento delle concentrazioni nelle due campagne, segno che ogni stazione viene influenzata prevalentemente da una sorgente che rimane costante nell'anno, quale il traffico veicolare.



Anche per il monossido di carbonio (CO), soprattutto nella campagna invernale, in alcune vie si sono rilevate concentrazioni medie elevate. I risultati sono riassunti nello schema di seguito riportato.

DATI I^ CAMPAGNA RILEVAMENTO (primavera 1995):

Benzene: n° campioni giornalieri > obiettivo di qualità (15 µg/mc): 26 su 80 (32,5%);
CO: vie in cui è stato registrato il superamento in media del livello di attenzione (15 mg/mc): Porta Passerella.

DATI II^ CAMPAGNA RILEVAMENTO (inverno 1996):

Benzene: n° campioni giornalieri > obiettivo di qualità (15 µg/mc): 38 su 92 (41,3%);
CO: vie in cui è stato registrato il superamento in media del livello di attenzione (15 mg/mc): Sassoferrato (allarme), via Garibaldi, via Hermada, incrocio via C. Matilde - via Bonanno, via Bonaini, via di Pratole-Brennero (allarme).

Per costruire mappe dettagliate dell'inquinamento atmosferico, di grande interesse sono inoltre le indagini condotte con l'impiego delle popolazioni licheniche (muschi che si formano su piante e pietre e muoiono a causa di alcuni elementi inquinanti come l'ozono o il biossido di zolfo). Per la Provincia di Pisa, un'indagine di tale tipo è stata recentemente condotta dal Dipartimento di scienze dell'uomo e dell'ambiente dell'Università. L'indagine, condotta sul territorio dell'intera provincia con 192 stazioni di rilevamento delle popolazioni licheniche, ha evidenziato che il centro di Pisa è un'area di "deserto lichenico", nel senso che non vi si trovano popolazioni licheniche.

• **Deposizioni acide**

I dati relativi a questo tematismo sono forniti dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), che negli anni 1988, 1989 e 1990 ha effettuato delle analisi su campioni di deposizioni meteoriche prelevati in due stazioni di rilevamento, una situata nel centro della città di Pisa, presso la sede dell'Agenzia (stazione 1 SMP), e l'altra situata in zona rurale, in vicinanza della costa (stazione 2 Arnino)¹⁰.

Presso una delle due stazioni di rilevamento la raccolta dei campioni sta tuttora proseguendo, ma non sono disponibili i dati elaborati.

Facendo dunque riferimento all'indagine effettuata negli anni 1988-1990, sui campioni di pioggia analizzati, complessivamente 114 per la stazione 1 e 82 per la stazione 2, sono state effettuate le seguenti determinazioni:

- pH;
- Conducibilità specifica;
- Cloruri;
- Nitrati;
- Solfati.

Dall'analisi dei valori di pH per i singoli eventi di precipitazione è emerso che le precipitazioni che presentano un valore di pH inferiore a 5,6 (valore di pH di un'acqua piovana naturale in equilibrio con la CO₂) costituiscono la parte preponderante per entrambe le postazioni di rilevamento: nella stazione 1 sono stati osservati 84 valori di pH inferiore a 5,6 (74%) mentre nella stazione 2 i valori di pH inferiori a 5,6 sono risultati 54 (66%).

I dati hanno inoltre rilevato una frequenza non trascurabili di eventi alcalini, determinati dagli aerosol marini che hanno la proprietà di neutralizzare l'acidità libera delle precipitazioni: il numero di eventi alcalini rilevati nel triennio è stato pari a 30 per la stazione 1 e 28 per la stazione 2.

Gli eventi con acidità ed alcalinità libera più elevata si sono verificati per le due postazioni sempre e solo nei mesi caldi. La distribuzione degli eventi in classi di pH ha indicato che il numero maggiore di precipitazioni è caratterizzato da pH compreso tra 4,0 e 4,5 per la stazione 1 e tra 4,5 e 5,0 per la stazione 2.

Complessivamente i dati evidenziano che il territorio del Comune di Pisa è interessato in maniera rilevante dal fenomeno delle piogge acide, e che anche il fenomeno dell'alcalinizzazione delle piogge risulta piuttosto frequente. Non si rilevano inoltre differenze significative per la zona di città e quella extraurbana, se si fa eccezione per il fenomeno dell'aerosol marino, che interessa in modo prevalente la stazione 2 posta in prossimità del mare.

• **Inquinamento acustico**

Per quanto riguarda l'inquinamento acustico, gli unici dati disponibili sono relativi ad una indagine effettuata nel corso dell'anno 1991 dall'ex Servizio Multizonale di Prevenzione Ambientale di Pisa (oggi ARPAT), su incarico della Regione Toscana¹¹. Per la sola s.s. Aurelia (km 337, Pisa-Viareggio) è stato effettuato un rilevamento anche nel 1993, al fine

¹⁰ Ciacchini G. et al., Rilevamento di piogge acide nel Comune di Pisa, Febbraio 1988 - Dicembre 1990, SMP USL 12 Area Pisana.

¹¹ Dipartimento Ambiente Energia Protezione Civile, Regione Toscana, Indagini sull'inquinamento acustico nei centri urbani, 1987-1992.

di valutare i livelli di rumorosità prodotti dal traffico veicolare in strade extra-urbane a intenso scorrimento¹².

Nel corso dell'indagine effettuata nel 1991, che aveva lo scopo di "fotografare" lo stato della città in relazione alle immissioni rumorose prodotte dal traffico autoveicolare, sono state interessate nel complesso 15 postazioni di misura, interessate da diverse tipologie di traffico:

- 2 postazioni caratterizzate da traffico di attraversamento;
- 7 postazioni caratterizzate da traffico definibile generalmente di scorrimento;
- 1 postazione caratterizzata da traffico di scorrimento e dalla vicinanza della ferrovia;
- 1 postazione periferica che risente della vicinanza della ferrovia e della superstrada;
- 3 postazioni caratterizzate da traffico prevalentemente locale;
- 1 postazione caratterizzata da traffico limitato;

In tutte le postazioni sono stati rilevati i livelli equivalenti orari in ponderazione "A" (parametro fisico adottato per la misura del rumore, indicato come Leq(A)), sulla cui base sono stati calcolati i livelli equivalenti medi estesi al periodo diurno (Ld) ed i livelli equivalenti medi per il periodo notturno (Ln).

I valori rilevati sono riassunti nella seguente tabella:

N°	Tipologia postazione	Periodo misura	Ld (dB(A))	Ln (dB(A))
1	traffico di scorrimento	11/1/91-14/1/91	68,5	62,5
2	traffico locale	22/1/91-25/1/91	62,0	57,5
3	traffico di scorrimento	11/2/91-19/2/91	70,0	64,0
4	traffico di attraversamento	1/3/91-8/3/91	70,0	63,5
5	traffico di scorrimento	20/3/91-25/3/91	73,0	68,5
6	traffico di scorrimento	11/4/91-18/4/91	72,0	65,0
7	traffico di scorrimento	4/5/91-11/5/91	70,0	63,5
8	traffico di attraversamento	14/5/91-21/5/91	74,0	67,5
9	traffico di scorrimento	21/6/91-28/6/91	73,0	67,0
10	traffico di scorrimento	23/9/91-27/9/91	73,0	67,5
11	traffico limitato	3/12/91-5/12/91	70,0	61,5
12	traffico locale	5/12/91-7/12/91	70,0	61,5
13	traffico locale	12/12/91-13/12/91	67,0	57,5
14	traffico di scorrimento e ferrovia	14/15/91-17/12/91	70,5	63,0
15	vicinanza ferrovia e superstrada	17/12/91-19/12/91	64,5-68,0	55,5-58,0

Per l'interpretazione dei risultati, si riporta di seguito la tabella dei limiti massimi del livello sonoro equivalente, relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio, fissati dal DPCM 1/3/91, che rappresenta appunto il riferimento normativo in materia.

Classi di destinazione d'uso	Ld (dB(A))	Ln (dB(A))
I. Aree particolarmente protette	50	40
II. Aree prevalentemente residenziali	55	45
III. Aree di tipo misto	60	50
IV. Aree di intensa attività umana	65	55
V. Aree prevalentemente industriali	70	60

¹²USL 12 - Strade e linee ferroviarie extraurbane a traffico intenso in prossimità dei centri urbani. Risultati dei rilevamenti di rumorosità, febbraio 1994.

Classi di destinazione d'uso	Ld (dB(A))	Ln (dB(A))
VI.Aree esclusivamente industriali	70	70

Dalle tabelle si può osservare che i livelli sonori equivalenti ($Leq(A)$) diurni misurati sono risultati in quasi tutte le postazioni superiori a 70 dB (A), valore corrispondente al limite massimo fissato dal DPCM 1/3/91 per le aree esclusivamente industriali (limite che in aree prevalentemente residenziali si riduce a 55 dB (A)). Per quanto riguarda le ore notturne, i $Leq(A)$ sono risultati quasi tutti superiori a 60 dB (A) (ad eccezione di 2 postazioni in cui sono risultati pari a 57.5 dB (A)), mentre i limiti massimi fissati dalla normativa variano da 40 a 70 dB (A) passando dalla classe di destinazione d'uso I (aree particolarmente protette) alla classe VI (aree esclusivamente industriali).

In 6 delle postazioni le misure dei livelli sonori equivalenti sono state ripetute anche nel mese di agosto, caratterizzato da una riduzione dei volumi complessivi di traffico. Non si sono rilevate però sostanziali differenze tra i dati misurati in agosto e quelli misurati negli altri mesi.

Per quanto riguarda l'indagine effettuata nel 1993 sulla rumorosità lungo la s.s. Aurelia, sono stati effettuati rilevamenti contemporanei a distanze dalla strada di 10, 50, 100 e 200 m che hanno fornito rispettivamente i valori di 71,5, 60,5, 54 e 53 $Leq(A)$, che vanno confrontati con i limiti fissati dal DPCM 1/3/91 per la classe IV.

Allo stato attuale non sono disponibili dati più aggiornati sui livelli di inquinamento acustico a Pisa. Recentemente il Comune ha commissionato un'indagine, ancora in corso, finalizzata alla classificazione acustica del territorio, come richiesto dalla Legge quadro sull'inquinamento acustico (L. 447/95).

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

• **Rete di rilevamento**

La rete di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico, di proprietà della Provincia di Pisa, è stata gestita fin dall'inizio dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), Dipartimento Provinciale di Pisa, e risulta attualmente composta, nella città di Pisa, da 4 stazioni fisse e da un laboratorio mobile. Altre due stazioni fisse, già installate, entreranno in funzione nel corso del 1997, così da rendere completa la rete secondo i requisiti dettati dal D.M. del 20/5/91.

La rete è così strutturata:

- 1 centralina all'interno di Giardino Scotto, area adibita a verde pubblico, circondata da alte mura, dove è proibito l'accesso a tutti i veicoli a motore, operativa dall'agosto 1994. Gli analizzatori automatici misurano in continuo le concentrazioni orarie delle seguenti sostanze: polveri, biossido di zolfo (SO_2), ossidi di azoto (NO_x), ossido di carbonio (CO), idrocarburi (NHMC), ozono (O_3).
- 1 centralina in piazza Guerrazzi, zona a traffico intenso, operativa nella configurazione attuale dal gennaio 1993, e attualmente in fase di trasferimento in via Cattaneo. Gli analizzatori automatici misurano in continuo le concentrazioni orarie delle seguenti sostanze: ossidi di azoto (NO_x), ossido di carbonio (CO).
- 1 centralina in via Contessa Matilde, zona a traffico intenso, operativa dal gennaio 1993. Gli analizzatori automatici misurano in continuo le concentrazioni orarie delle seguenti sostanze: ossidi di azoto (NO_x), ossido di carbonio (CO).

- 1 centralina in via Conte Fazio, operativa dal gennaio 1993. Gli analizzatori automatici misurano in continuo le concentrazioni orarie delle seguenti sostanze: polveri, biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), ossido di carbonio (CO), idrocarburi (NHMC).
- 1 centralina in largo Ippolito Nievo (loc. I Passi), zona a traffico residenziale, attualmente in fase di collaudo. Gli analizzatori automatici misurano in continuo le concentrazioni orarie delle seguenti sostanze: ossidi di azoto (NO_x) e ozono (O₃).
- 1 centralina in piazza Federico del Rosso, zona a traffico intenso, attualmente in fase di collaudo. Gli analizzatori automatici misurano in continuo le concentrazioni orarie delle seguenti sostanze: ossidi di azoto (NO_x) e polveri.

• **Politiche di riduzione del traffico**

Le informazioni relative alle politiche di riduzione del traffico sono dedotte dal Piano della mobilità cittadina del Comune di Pisa¹³, e dai provvedimenti recentemente adottati dall'Amministrazione comunale¹⁴, a seguito della consulenza della Società TAGES¹⁵ srl su mobilità, traffico e trasporti.

Il Piano della mobilità individua come obiettivo fondamentale la restituzione del costo del trasporto (inteso in senso ampio, come somma di tutti gli effetti negativi), a coloro che del trasporto sono protagonisti, riducendo nettamente l'aliquota trasferita all'ambiente circostante. Gli strumenti indicati per perseguire questo obiettivo sono i seguenti:

- eliminare il traffico motorizzato da quelle strade che per loro caratteristiche geometriche o ambientali, o per gli elevati flussi pedonali, non sono in grado di sopportarlo;
- realizzare uno schema di circolazione che impedisca l'attraversamento dell'area centrale;
- imporre un prezzo per la sosta di ogni veicolo motorizzato sul suolo pubblico dell'area centrale;
- realizzare ai margini dell'area centrale un certo numero di parcheggi scambiatori, di capacità sufficiente per ospitare i veicoli di coloro che non intendono pagare il prezzo della sosta nell'area centrale, modificando contemporaneamente la rete del trasporto pubblico per garantire il collegamento tra parcheggi e area centrale;
- realizzazione all'interno dell'area centrale, in prossimità dei punti di maggiore attrazione, parcheggi di capacità sufficiente ad ospitare un numero di veicoli in sosta dipendente dai flussi veicolari che l'ambiente è in grado di tollerare.

In sintesi, l'obiettivo di fondo delineato dal Piano della mobilità, e perseguito nei provvedimenti attuativi del Piano adottati anche di recente, è quello di razionalizzare la mobilità urbana, riducendo i volumi di traffico, in particolare nell'area centrale, e favorendo l'uso del mezzo pubblico.

I provvedimenti fino ad oggi adottati dall'Amministrazione comunale possono essere così sintetizzati:

- *aree pedonali* nelle seguenti vie e piazze: Piazza Cairoli (limitatamente alla piazza intorno al monumento), Piazza del Pozzetto, Via Rigattieri, Via Nicchio, Via di Banchi, Via Degli Uffizi, Via Canto del Nicchio, Arco del Gualandi, Piazza San Frediano, Via San Francesco (da via Santa Cecilia a Via Oberdan), Piazza XX Settembre, Via Roma

¹³Comune di Pisa (Ed.), Piano della mobilità cittadina, relazione, elaborato da: Paolo Ferrari, dicembre 1992.

¹⁴Ordinanza n° 153 del 1 marzo 1997, Regolamento per l'accesso il transito e la sosta dei veicoli all'interno del centro urbano: z.t.l. e zone con sosta limitata ed a pagamento.

¹⁵TAGES s.c.r.l., Criteri per un primo riordino del traffico urbano, Prima fase di interventi, Assessorato uso e assetto del territorio, giugno 1996.

(da Via Galli Tassi a Piazza del Duomo), Piazza del Duomo, Piazza Arcivescovado, Via Santa Maria (da Piazza del Duomo a Via Galli Tassi), Via Cammeo (tratto lungo le Mura Urbane), Piazza Manin, Corso Italia, Via San Martino (da Vicolo Moro a Via di Banchi), Borgo Stretto, Via l'Arancio.

- *zona a traffico limitato (ZTL)*, con divieto di circolazione ai non autorizzati dalle ore 7.00 alle ore 19.00 di ogni giorno nei Quartieri San Martino, Sant'Antonio, Santa Maria e San Francesco (area a grandi linee delimitata a Nord dell'Arno dalla cinta muraria medioevale e a Sud dell'Arno dalla ferrovia).
- *sosta limitata ad alcune categorie di utenti* nelle vie di seguito elencate, inserite nel comparto urbano zona stazione: Via Puccini, Via Colombo, Via Della Spina, Via Fratti, Via Francesco da Buti, Via Amerigo Vespucci, Via Marco Polo, Chiassetto San Marco, Via Mascagni, Via Catalani, Corte Bracci.
- *sosta a pagamento* per le zone del centro storico (o limitrofe al centro storico) non comprese nella ZTL, con sistema tariffario articolato sui seguenti quattro livelli:
 1. tariffa oraria elevata per le zone di parcheggio di maggiore attrazione;
 2. tariffa oraria inferiore rispetto alla precedente da applicare per le restanti zone del centro storico;
 3. tariffa oraria ridotta rispetto alle precedenti da applicare per le zone esterne al centro storico;
 4. tariffa agevolata per i residenti nel centro storico.

• **Livello di efficienza del trasporto pubblico**

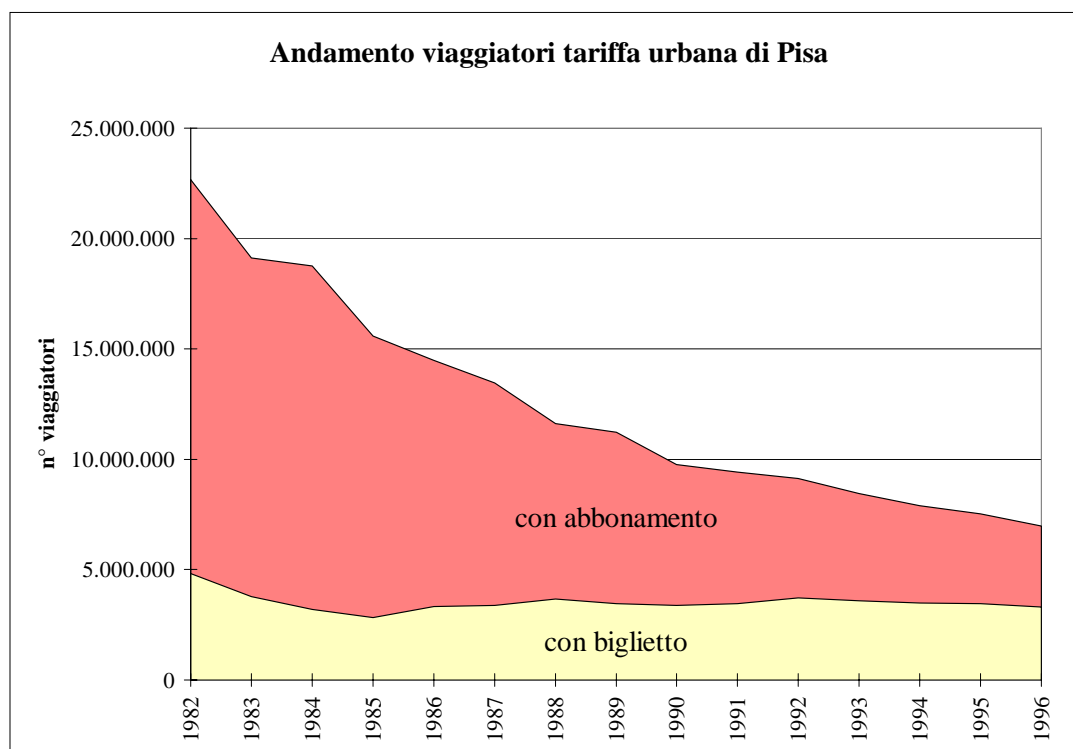
Sul servizio di trasporto pubblico urbano, nelle tabelle e nei grafici successivi si riportano i dati, forniti dal Consorzio Pisano Trasporti, relativi al numero di viaggiatori che utilizzano annualmente il servizio e ai km annui percorsi.

Numero di viaggiatori che utilizzano annualmente il servizio di trasporto pubblico urbano

Anno	Numero di viaggiatori			TOTALE
	biglietto	abbon. ordinario	abbon. agevolato*	
1982	4.832.790	17.842.770	-	22.675.560
1983	3.768.221	15.356.970	-	19.125.191
1984	3.200.007	15.567.060	-	18.767.067
1985	2.843.820	12.729.750	-	15.573.570
1986	3.338.269	11.150.010	-	14.488.279
1987	3.383.106	10.066.620	-	13.449.726
1988	3.665.076	7.950.510	-	11.615.586
1989	3.452.622	7.764.324	-	11.216.946
1990	3.388.273	6.359.820	-	9.748.093
1991	3.465.382	5.961.192	-	9.426.574
1992	3.717.975	5.419.872	-	9.137.847
1993	3.597.085	4.848.342	-	8.445.427
1994	3.497.994	4.391.130	3.040.780	7.889.124
1995	3.467.624	4.051.620	1.591.740	7.519.244
1996	3.303.687	3.673.656	1.420.936	6.977.343

*fino al 1994 oltre ai viaggiatori con biglietti ed abbonamenti ordinari, avevano accesso al servizio anche utenti con tessera a libera circolazione, rilasciata direttamente dal Comune. Fino a tale anno i viaggiatori con tessera di libera circolazione potevano essere quantificati solo attraverso stime. Dal 1994 le tessere a libera circolazione sono state

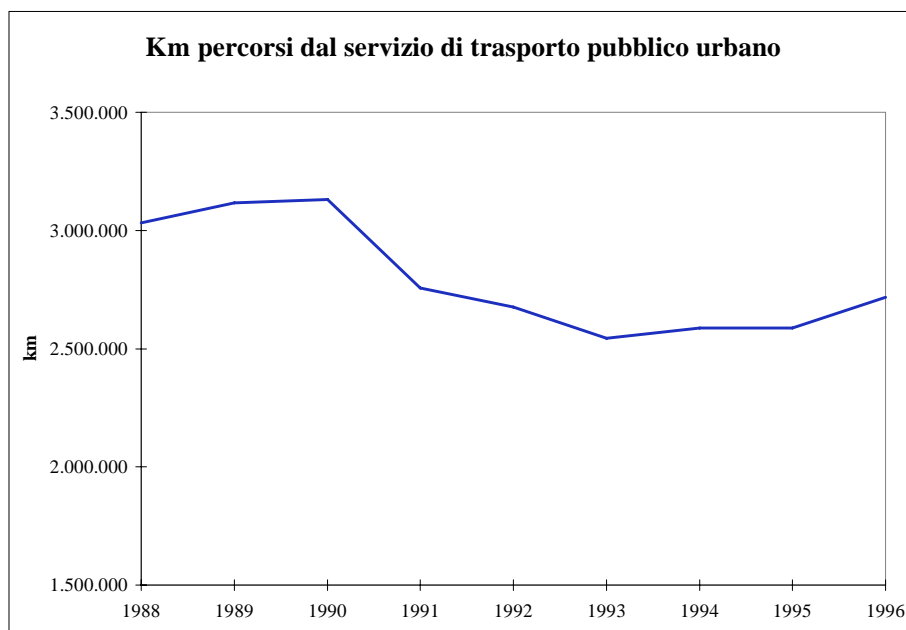
sostituite da tessere a titoli agevolati, rilasciate direttamente dal Consorzio Pisano Trasporti; a partire da tale anno sono pertanto disponibili i dati effettivi.



Sia la tabella che il grafico evidenziano il progressivo e sostanziale calo di utenti del servizio di trasporto pubblico, che dal 1982 ad oggi sono passati da 22,7 milioni a 7 milioni (riduzione del 70%). La riduzione più significativa si osserva per gli utenti con abbonamento, che sono passati da 17,8 a 3,7 milioni.

Km percorsi annualmente dal servizio di trasporto pubblico urbano

Anno	Km urbano	Km disabili	Km totali
1988	2.986.726	46.718	3.033.444
1989	3.062.019	54.718	3.116.737
1990	3.068.689	62.419	3.131.108
1991	2.695.884	60.341	2.756.225
1992	2.595.125	80.861	2.675.986
1993	2.447.557	97.628	2.545.185
1994	2.470.757	117.420	2.588.177
1995	2.469.237	119.308	2.588.454
1996	2.584.831	133.265	2.718.096



Se si considerano i km percorsi, si osserva comunque una riduzione dal 1988 al 1996, che risulta tuttavia percentualmente inferiore alla riduzione del numero di viaggiatori (riduzione di km percorsi del 10%, contro la riduzione di viaggiatori del 40% nello stesso arco di tempo); dal 1993 si registra un lieve progressivo aumento.

Per valutare l'efficienza del servizio di trasporto pubblico, è interessante considerare l'andamento nel tempo del rapporto tra il numero di viaggiatori e i km percorsi dal servizio di trasporto urbano, riportato nella tabella successiva. Si può osservare che il numero di viaggiatori trasportati per km percorso si è progressivamente ridotto dal 1988 al 1996, passando da 3,8 a 2,6.

Andamento del rapporto tra numero di viaggiatori e km percorsi

Anno	Viaggiatori per km
1988	3,8
1989	3,6
1990	3,1
1991	3,4
1992	3,4
1993	3,3
1994	3,0
1995	2,9
1996	2,6

Al fine di fornire ulteriori informazioni sull'efficienza del servizio di trasporto pubblico urbano, si riportano i risultati di una indagine sulla domanda di trasporto pubblico della città di Pisa effettuata dal Comune nel 1992¹⁶.

L'esercizio del trasporto pubblico urbano di Pisa viene svolto mediante 13 linee di autobus, di cui 6 a carattere tipicamente extraurbano (collegano la città con insediamenti del territorio comunale esterni all'area periferica, ed hanno frequenza molto bassa).

¹⁶Comune di Pisa, Assessorato al traffico e all'ambiente, Osservatorio della mobilità veicolare (Ed.), Indagine sulla domanda di trasporto pubblico, consulente tecnico: Giovanni Rossi, settembre 1994.

Le linee urbane analizzate nell'indagine svolta dal Comune sono riportate nella tabella che segue:

Caratteristiche delle linee urbane analizzate

Linea	Frequenza (minuti)	Percorso
1	5	STAZIONE Duomo (circolare)
2	15	S. Giusto - STAZIONE - Le Maggiola
3	15	Via Palanche - STAZIONE - S. Ermete
4	15	Cisanello - STAZIONE - I Passi
5	15	Cisanello - STAZIONE - Barbaricina
7	15	Aeroporto - STAZIONE - Via di Pratale
13	20	Cisanello - STAZIONE

L'indagine è stata svolta mediante interviste: nelle 14 fasce di circa 2 ore di rilevamento, due per ciascuna delle sette linee urbane esaminate, sono stati conteggiati 11.599 passeggeri, effettuate 6.318 interviste origine/destinazione, per un tasso di campionamento del 54,5%.

I dati rilevati sono stati utilizzati per calcolare un set di indicatori in grado di caratterizzare l'efficacia del servizio di trasporto urbano, cioè la congruità tra la domanda e l'offerta di trasporto pubblico, nonché la qualità del servizio stesso. I fattori presi in considerazione per costruire gli indicatori sono:

- la diffusione del servizio;
- la sua espansione territoriale;
- l'intensità e l'utilizzazione del servizio.

Gli indicatori impiegati nell'indagine sono i seguenti:

- *Coefficiente di riempimento (CR)*: è il rapporto tra la domanda e l'offerta del servizio, cioè il rapporto fra la misura della consistenza globale dell'utenza (viaggiatori per Km) e la misura della potenzialità effettiva dell'offerta in termini di capacità del trasporto, espressa in numero di posti (posti per Km). Per tale indice viene fissato un limite minimo, oltre il quale il vantaggio per la collettività dell'effettuazione del servizio non è tale da giustificare la corrispondente spesa. Il limite proposto è: $CR > 0,15$, (0,18-0,20 nelle fasce orarie di punta).
- *Offerta media di servizio per Km di linea esercitata (OL)*: è il rapporto tra l'offerta di servizio all'utenza (posti per Km.) e la lunghezza in Km. della linea. I limiti standard per tale parametro possono ritenersi i seguenti: $1.500 < OL < 3.000$.
- *Offerta media di servizio per abitante del territorio servito (OA)*: è il rapporto tra l'offerta di servizio all'utenza (posti per Km.) e il numero di abitanti presenti nel territorio servito. I limiti standard per tale indicatore possono ritenersi: $1,5 < OA < 3,5$.
- *Offerta media di servizio per viaggiatore trasportato (OV)*: è il rapporto tra l'offerta di servizio all'utenza (posti per Km.) e il numero reale di passeggeri trasportati da ciascuna autolinea in servizio. I limiti standard per tale indicatore possono ritenersi: $15 < OV < 25$.
- *Domanda media di servizio per Km di percorrenza (RK)*: è il rapporto tra la consistenza globale dell'utenza (numero di viaggiatori per Km) e il numero complessivo dei Km percorsi dagli autobus in servizio. I limiti standard possono ritenersi i seguenti: $10 < RK < 30$.
- *Domanda media di servizio per abitante del territorio servito (RA)*: è il rapporto tra la consistenza globale dell'utenza (numero di viaggiatori per Km) e il numero di abitanti

presenti nel territorio servito. I limiti standard possono ritenersi i seguenti: $0,3 < RA < 0,5$ ($0,04 < RA < 0,07$ per singola linea).

- *Intensità di servizio (IS)*: è il rapporto fra il numero complessivo di Km percorsi dagli autobus in servizio e la lunghezza di linea. I limiti standard possono ritenersi i seguenti: $20 < IS < 40$.
- *Intensità di servizio procapite (IP)*: è il rapporto fra l'intensità di servizio e gli abitanti del territorio servito (moltiplicata per 1.000). I limiti standard possono ritenersi i seguenti: $0,20 < IP < 0,40$.

Nelle tabella successiva si riportano i valori assunti degli indicatori per le 7 linee urbane analizzate nel corso dell'indagine.

Indicatori di efficacia del trasporto pubblico

Linea	Riempim.	Indicatori di offerta			Indicatori di domanda		Indicatori di qualità	
	CR	OL	OA	OV	RK	RA	IS	IP
1	0,202	3.252	0,201	9,46	18,45	0,043	37,38	0,43
2	0,156	1.536	0,264	13,93	13,62	0,041	17,66	0,20
3	0,187	1.942	0,514	19,76	16,24	0,096	22,32	0,26
4	0,179	1.562	0,356	15,65	15,64	0,064	17,96	0,21
5	0,154	1.698	0,479	21,63	13,39	0,074	19,52	0,22
7	0,167	1.711	0,247	16,07	14,50	0,041	19,67	0,23
13	0,133	1.132	0,156	24,09	11,60	0,021	13,00	0,15
TOTALE	0,168	1.750	2,258	16,98	14,90	0,380	19,75	0,23

Il Coefficiente di Riempimento (CR) evidenzia che mediamente la consistenza globale di viaggiatori è scarsa per la capacità offerta dal servizio; l'indice risulta buono per la linea 1 (stazione-duomo) che registra una domanda maggiore.

I valori assunti dagli indicatori di offerta indicano un'offerta di servizio che rientra nei limiti standard, con tendenza ad un'offerta mediamente appena sufficiente a garantire una gestione quantitativa del servizio. In particolare la linea 1 denota una scarsa offerta per abitante servito e per viaggiatore trasportato.

Anche gli indicatori di domanda indicano una domanda di servizio che generalmente rientra nei limiti standard, con tendenza ad una domanda mediamente bassa.

La qualità media di servizio, esplicitata attraverso gli indicatori di qualità, non per tutte le linee rientra nei limiti standard (in particolare considerando l'indice di intensità del servizio), evidenziando un'intensità mediamente appena sufficiente a garantire una qualità minima. Fa eccezione la linea 1 con valori che denotano una buona qualità del servizio.

Gli indicatori utilizzati nell'indagine effettuata dal Comune sono sicuramente un utile strumento per valutare l'efficienza del servizio di trasporto pubblico, benché sarebbe opportuno ripetere il calcolo degli stessi con dati più aggiornati.

• **Impianti di abbattimento emissioni industriali**

Le uniche informazioni su questo fattore riguardano l'impianto di abbattimento fumi in funzione presso l'inceneritore di rifiuti, che viene descritto nel relativo paragrafo del successivo capitolo sul sistema rifiuti.

Per le altre attività industriali, alcune informazioni potranno essere dedotte dall'analisi delle relazioni tecniche allegate alle domande di emissione in atmosfera presentate dalle imprese ai sensi del DPR 203/88, disponibili presso la Provincia di Pisa.

2.2.3. Sistema clima

Questo sistema viene analizzato per la sua interrelazione con il sistema aria, ai fini della dispersione delle emissioni inquinanti, e con il sistema energia, ai fini dei fabbisogni di termoregolazione e dei relativi consumi energetici. I tematismi sono pertanto sviluppati con queste finalità.

E' infatti ben noto che le condizioni climatiche influenzano decisamente le concentrazioni di inquinanti che si rilevano nell'aria urbana: le più alte concentrazioni di ossido di carbonio e biossido di azoto si verificano infatti durante i mesi invernali in condizioni di alta pressione e bassa temperatura.

Per l'analisi delle condizioni climatiche si sono utilizzati i seguenti dati:

dati meteorologici della stazione dell'aeroporto di S. Giusto relativi al quarantennio 1951-1991, elaborati dall'ARPAT¹⁷.

dati meteorologici di 2 stazioni (Metato e S. Ermo) facenti parte della rete di rilevamento dell'ARSIA (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricoloforestale) della Regione Toscana.

Indicatori di stato

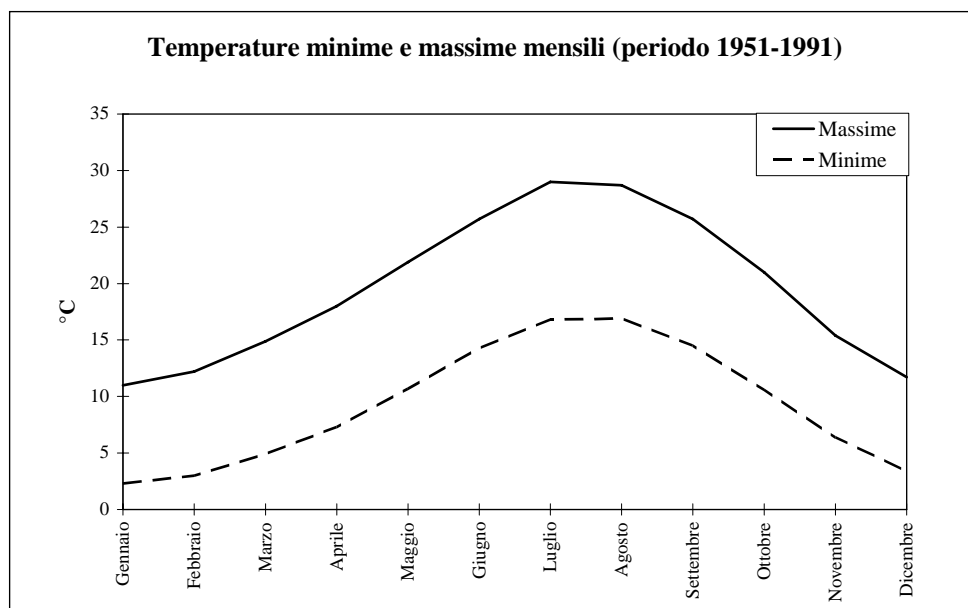
- **Temperature**

Nella tabella e nei grafici seguenti sono riportate le temperature medie minime e medie massime mensili, rilevate dalla stazione meteorologica dell'Aeroporto Militare di S. Giusto.

Mese	S. Giusto - dati 1951-1991	
	T minima (°C)	Tmassima (°C)
Gennaio	2,3	11,0
Febbraio	3,0	12,2
Marzo	4,9	14,9
Aprile	7,3	18,0
Maggio	10,7	21,9
Giugno	14,3	25,7
Luglio	16,8	29,0
Agosto	16,9	28,7
Settembre	14,5	25,7
Ottobre	10,6	21,0
Novembre	6,4	15,4
Dicembre	3,4	11,7

Si può osservare che le temperature minime risultano sempre superiori allo zero, e l'escursione termica (Tmassima - Tminima) si mantiene intorno alla decina di gradi per tutto l'anno. Il mese mediamente più freddo risulta essere Gennaio. Lunghi periodi freddi o torridi sono eccezionali.

¹⁷USL 12 - Aspetti generali della climatologia dell'area pisana, correlazioni tra concentrazione degli inquinanti atmosferici e particolari situazioni meteorologiche e valutazione degli episodi acuti di inquinamento, 1993.

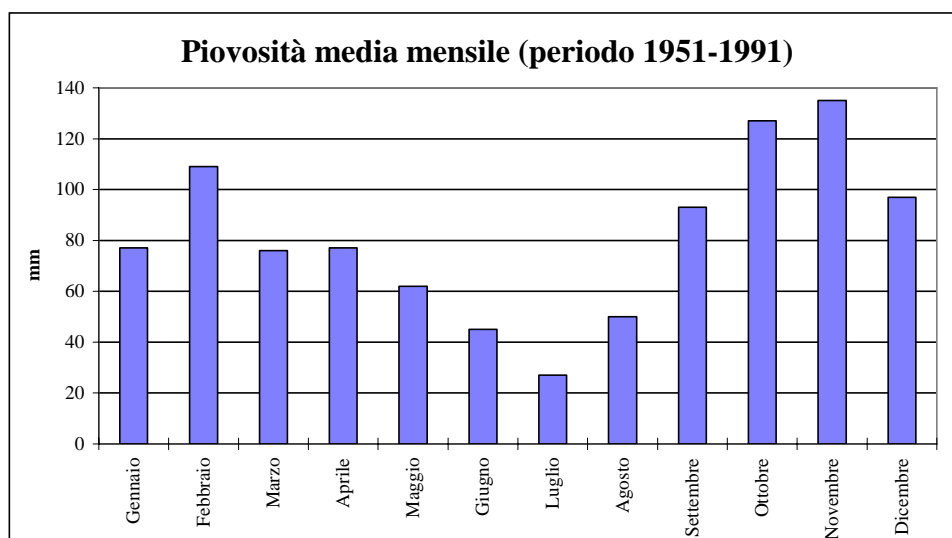


Andamento medio delle temperature minime e massime, stazione meteorologica di S. Giusto (Comune di Pisa).

- **Precipitazioni**

Nei grafici che seguono si riportano i dati di piovosità media mensile rilevati dalla stazione meteorologica dell'Aeroporto Militare di S. Giusto.

Il mese di Novembre è mediamente quello più piovoso (vicino ai 140 mm di pioggia). La stagione invernale (Dicembre-Marzo), che è particolarmente interessata dai fenomeni di inquinamento, presenta una piovosità media di 90 mm.



Piovosità media mensile, stazione meteorologica di S. Giusto (Comune di Pisa).

- **Anemometria**

Nella tabella che segue sono riportati i valori medi di velocità del vento per ogni mese e per diverse fasce orarie giornaliere, rilevati nella stazione meteorologica di S. Giusto. Si nota che questi valori sono sempre molto modesti, e raggiungono i massimi solo nelle ore pomeridiane dei mesi più caldi. Si tenga comunque presente che in questi valori medi sono

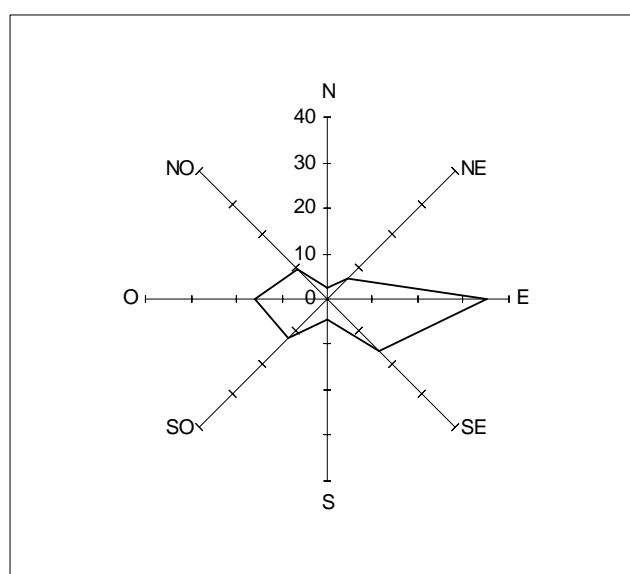
conteggiati anche i periodo di calma di vento, che costituiscono una parte predominante di tutti i fenomeni esaminati.

Velocità del vento media in varie ore del giorno (m/sec) - S. Giusto '51-'91								
Mese	0	3	6	9	12	15	18	21
Gennaio	2,1	2,2	2,2	2,4	3,2	2,8	2,1	2,1
Febbraio	2,2	2,3	2,3	3,0	3,8	3,6	2,3	2,1
Marzo	1,8	1,9	1,9	2,9	3,5	3,9	2,0	1,7
Aprile	1,3	1,5	1,5	2,7	3,6	4,0	2,0	1,2
Maggio	0,9	1,0	1,1	2,2	3,5	3,7	1,9	0,7
Giugno	0,7	0,8	1,1	2,1	3,7	3,9	2,4	0,7
Luglio	0,6	0,7	0,9	1,9	3,6	4,1	2,5	0,5
Agosto	0,8	0,9	1,0	2,1	3,5	4,1	2,1	0,7
Settembre	1,1	1,2	1,2	2,5	3,0	3,6	1,4	1,1
Ottobre	1,6	1,6	1,8	2,9	3,0	3,1	1,4	1,5
Novembre	2,0	2,0	2,1	2,7	3,3	2,7	2,0	2,0
Dicembre	2,2	2,1	2,3	2,5	3,2	2,7	2,1	2,2

La percentuale complessiva di situazioni di calma di vento sull'intero periodo esaminato è pari al 40%. I periodi più ventosi si verificano nelle ore centrali della giornata (soprattutto dalle 12 alle 18), mentre le maggiori frequenze di calme (60-80%) si verificano tra le 21 e le 6 del mattino; i massimi della velocità del vento si registrano intorno alle ore 15 nei mesi di luglio e Agosto.

Le massime escursioni della velocità nel corso della giornata si verificano nei mesi caldi (Luglio) corrispondentemente al massimo sviluppo del regime delle brezze. A partire dalle ore 6 comincia a levarsi il vento che, raggiunta la massima intensità intorno alle 15, cala decisamente per ritornare alla calma completa intorno alle ore 20. Nel mese di Gennaio tali variazioni di intensità sono assai ridotte.

Nella figura che segue sono riportate le percentuali di occorrenza delle direzioni medie (1951-1991) del vento. Le direzioni prevalenti si situano sull'asse Est (terra) - Ovest (mare), mostrando chiaramente il regime di brezza.



Distribuzione percentuale delle direzioni di provenienza del vento, calme escluse (1951-1991)

• **Inversione termica**

Il fenomeno dell'inversione termica riveste un'importanza fondamentale nell'analisi della climatologia dell'inquinamento, in quanto comporta l'instaurarsi di condizioni di stabilità atmosferica che ostacolano la dispersione degli inquinanti.

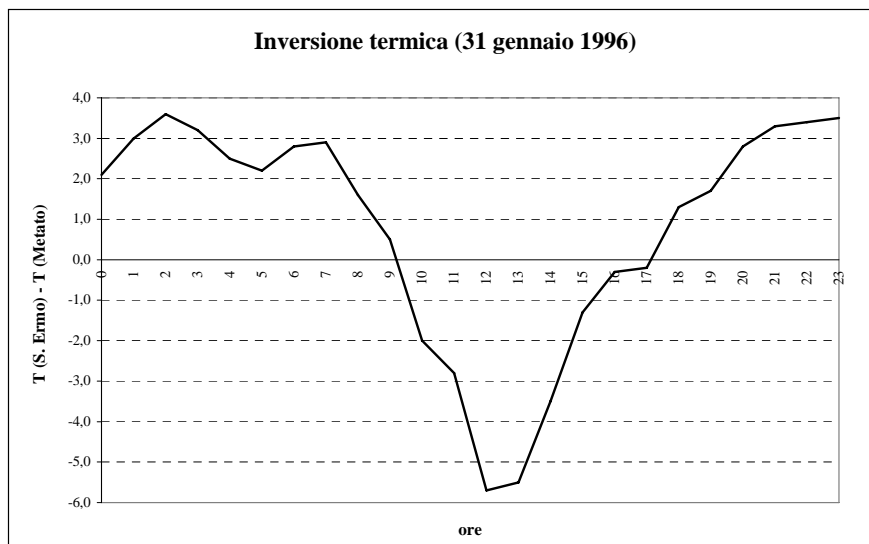
L'inversione termica è caratterizzata dal fatto che la temperatura dell'aria, anziché decrescere, cresce con la quota. Tale fenomeno comincia a verificarsi al calare del sole, quando il suolo cede calore all'aria circostante, nel contempo raffreddandosi. Lo strato di inversione massimo si realizza alcune ore dopo il tramonto e raggiunge quote dell'ordine delle centinaia di metri. Al sorgere del sole, per effetto del riscaldamento, inizia a ristabilirsi la situazione normale; dopo alcune ore lo strato di inversione termica è completamente distrutto.

In particolari condizioni meteorologiche lo strato di inversione termica può persistere anche durante le ore del giorno: sono queste le situazioni più critiche per i fenomeni di inquinamento atmosferico.

Per analizzare il fenomeno dell'inversione termica nel territorio pisano, si sono utilizzati i dati di temperatura rilevati da due stazioni meteorologiche dell'ARSIA (Metato e S. Ermo) situate rispettivamente a 0 metri s.l.m. e a 900 metri s.l.m.

Il parametro $\Delta T = T(\text{S. Ermo}) - T(\text{Metato})$ permette infatti di valutare l'andamento orario dell'inversione termica. Quando $\Delta T > 0$, la stazione in quota si trova ad una temperatura maggiore di quella sul livello del mare, indice dell'instaurarsi di una situazione di inversione. Viceversa, quando $\Delta T < 0$, la temperatura dell'aria decresce come di consueto con la quota.

Nella figura seguente si può osservare l'andamento orario di questo parametro in un giorno tipo, caratterizzato appunto dall'instaurarsi di condizioni di inversione termica nelle ore notturne e dal ristabilirsi di condizioni normali a partire dalle prime ore del giorno.



In un recente studio condotto dall'ARPAT¹⁸, sulla correlazione tra fenomeni di inversione termica e episodi acuti di inquinamento nell'area pisana, è stata evidenziata la correlazione tra il parametro $\Delta T_{\min} = (T_{\min}(\text{S. Ermo}) - T_{\min}(\text{Metato}))$ e i massimi di concentrazione di CO e NO₂. Dallo studio è dunque emersa la possibilità di utilizzare il parametro ΔT_{\min} come indicatore della possibilità di verificarsi di episodi acuti di inquinamento. In particolare

¹⁸USL 12 - Aspetti generali della climatologia dell'area pisana, correlazioni tra concentrazioni degli inquinanti atmosferici e particolari situazioni meteorologiche e valutazione degli episodi acuti di inquinamento, 1993.

l'intero range dei variazioni di ΔT_{\min} è stato suddiviso in tre classi, ad ognuna delle quali è stata associata una valutazione della probabilità di superamento dei livelli di attenzione:

- $\Delta T_{\min} < 4^{\circ}\text{C}$ \Rightarrow scarsa possibilità di superamento dei livelli di attenzione;
- $4^{\circ}\text{C} < \Delta T_{\min} < 8^{\circ}\text{C}$ \Rightarrow possibilità neutra di superamento dei livelli di attenzione;
- $\Delta T_{\min} > 8^{\circ}\text{C}$ \Rightarrow elevata possibilità di superamento dei livelli di attenzione.

Partendo dunque dai risultati di questa indagine, si è analizzato l'andamento del parametro ΔT_{\min} . Nella tabella che segue è riportato il numero di giorni al mese, dal 1991 al 1996, ricadenti nelle tre categorie di probabilità di superamento dei livelli di attenzione (per i soli mesi autunnali e invernali).

Mese	Anno	$\Delta T_{\min} < 4$ (n° giorni)	$4 < \Delta T_{\min} < 8$ (n° giorni)	$\Delta T_{\min} > 8$ (n° giorni)
Ottobre	1991	27	4	0
	1992	29	2	0
	1993	29	2	0
	1994	24	5	2
	1995	9	19	3
	1996	22	9	0
Novembre	1991	24	6	0
	1992	23	7	0
	1993	25	5	0
	1994	19	11	0
	1995	13	17	0
	1996	26	4	0
Dicembre	1991	7	21	3
	1992	23	8	0
	1993	21	9	1
	1994	24	7	0
	1995	20	8	1
	1996*	0	1	0
Gennaio	1991	18	11	2
	1992	20	10	1
	1993*	16	9	2
	1994	18	13	0
	1995	24	7	0
	1996*	11	1	0
Febbraio	1991	23	5	0
	1992	17	11	1
	1993*	8	9	8
	1994	20	8	0
	1995	17	11	0
	1996	22	6	1
Marzo	1991	20	11	0
	1992	20	11	0
	1993*	12	15	0
	1994	21	10	0
	1995	24	7	0
	1996	24	7	0

* serie mensile incompleta

Dalla tabella si può osservare che il numero di giorni caratterizzati da $\Delta T_{\min} > 8^{\circ}\text{C}$ è generalmente basso, e che complessivamente i mesi di gennaio e febbraio risultano essere quelli che presentano maggiori probabilità di superamento dei livelli di attenzione, risultando essere oltretutto i mesi più freddi dell'anno e conseguentemente quelli caratterizzati dalle maggiori emissioni inquinanti da riscaldamento domestico.

2.2.4. Sistema energia

Indicatori di pressione

- **Bilancio Energetico Comunale: Consumi**

Il primo capitolo di un Bilancio Energetico Comunale è quello relativo ai consumi di combustibili fossili (o comunque di fonti non rinnovabili) derivanti dalla domanda quotidiana proveniente dalle funzioni urbane (riscaldamento, termoregolazione, filiere produttive, servizi, etc.).

In specifico, l'analisi dei consumi della città di Pisa è stata svolta in stretta collaborazione con l'AGES (Agenzia Gestione Energia e Servizi), la società municipalizzata locale che gestisce il sistema energetico urbano e di altri comuni limitrofi; in accordo con AGES è stato scelto di focalizzare l'analisi dei consumi sul gas metano erogato dalla stessa.

Questa scelta di concentrare il lavoro di analisi sull'erogazione di metano alle diverse utenze urbane deriva sostanzialmente dalla ormai consolidata configurazione energetica della città; questa infatti, già nel 1991 (anno del rilevamento Censimento Istat), risultava metanizzata per oltre l'80 % per cento delle sue funzioni (residenziali, terziarie ed industriali).

Conseguentemente, il peso ed il ruolo degli altri combustibili, nel contesto pisano, è da considerarsi sostanzialmente irrilevante.

Scelto il gas metano come oggetto principale dell'indagine, dal database di fatturazione dell'AGES sono stati estratti ed elaborati consumi degli anni 1990, 1993 e 1996.

In questo caso, la scelta di queste date significative, è relativa al dover considerare - per legge - il 1990 come l'anno soglia a cui far attestare (o ricondurre) il bilancio delle emissioni inquinanti; mentre il 1996 - cioè l'ultimo anno di fatturazione - come indicatore aggiornato per capire quale sia il livello di scarto esistente tra la soglia di stabilizzazione del 1990 ed i consumi attuali.

Il 1993 è stato invece scelto come soglia intermedia per una verifica coerente dell'andamento della curva dei consumi nel range 1990 -> 1996.

Oltre alle indagini sui consumi globali di metano della città di Pisa, è stato sviluppato un'ulteriore approfondimento per la categoria delle "Grandi Utenze".

Con la dizione "Grandi Utenze" si definiscono quelle funzioni urbane - sia pubbliche che private - come condomini, uffici, terziario, industrie, etc, che per la loro configurazione e per la loro dimensione contribuiscono in modo sostanziale ai consumi di metano della città.

E' stato perciò svolto uno studio più approfondito dell'incidenza di tali consumi sul carico energetico globale, e su quali siano le funzioni urbane attuali che svolgono un ruolo ed hanno un peso rilevante nel sistema pisano.

Anche in questo caso, per ogni anno di fatturazione (sempre con il 1990 di riferimento ma con indagine ampliata al 1994, 1995, 1996) è stata costruita una ulteriore suddivisione, basata sui consumi distribuiti per tipologia di utenza ripartita nelle zone urbane in cui l'AGES suddivide la città di Pisa.

In particolare, le zone urbane del Dbase AGES in cui è suddivisa la città sono:

- I. Pisa Centro (Settori 0, 1, 2, 3);
- II. Pisa Est (Settore 4);
- III. Pisa P.ta a Lucca (Settore 5);
- IV. Pisa Cep/Barbaricina (Settore 6);

- V. Pisa aereoporto (Settore 7);
- VI. Marina di Pisa (Settore 8);
- VII. Pisa zona industriale (Settore 9);
- VIII. Pisa Tirrenia (Settore 10);

Mentre le tipologie di uso finale con cui sono state aggregate tutte le quantità dei consumi, sono le seguenti:

- Uso Domestico;
- Uso Riscaldamento civile;
- Condomini;
- Funzioni Commercio;
- Funzioni Enti Statali;
- Funzioni Industria;
- N. a. (quota non attribuibile).

Questa classificazione degli usi e delle funzioni è mirata a due obiettivi:

1. differenziare le funzioni residenziali da quelle industriali, per poter arrivare ad una stima più precisa delle emissioni inquinanti derivanti dalla tipologia di uso finale del combustibile (valutazione delle differenze stecheometriche);
2. differenziare i consumi delle funzioni degli Enti Statali con quelli della residenza e del terziario. Questo perché la prima, benché rientrante egualmente nella categoria degli usi civili, svolge un ruolo strategico differente nei termini di scelte di piano; infatti, nel settore dell'edificato dove si svolgono le attività pubbliche, il comune può intervenire direttamente sulle strutture energetiche e rendere operative le politiche di contenimento dei consumi (è obbligo per il Comune la nomina dell'Energy Manager), o comunque programmare più direttamente gli interventi di trasformazione relativamente al soddisfacimento dei fabbisogni energetici.

Infine, l'analisi delle deviazioni standard basata sui consumi distribuiti per tipologia di utenza, ha portato all'individuazione di 19 categorie per quel che riguarda la "Grandi Utenze"; queste sono:

1. Alberghi, Ristoranti
2. Amministrazione Provinciale
3. Artigiani
4. Basi Militari U.S. Army
5. Caffè, Pizzerie
6. Case di Cura
7. Caserme
8. Circoli ricreativi
9. Commercio
10. Comune
11. Condomini
12. Impianti Sportivi
13. Industria
14. Ospedale
15. Panificatori
16. Scuola Normale Superiore
17. Scuole, Asili
18. Uffici
19. Università

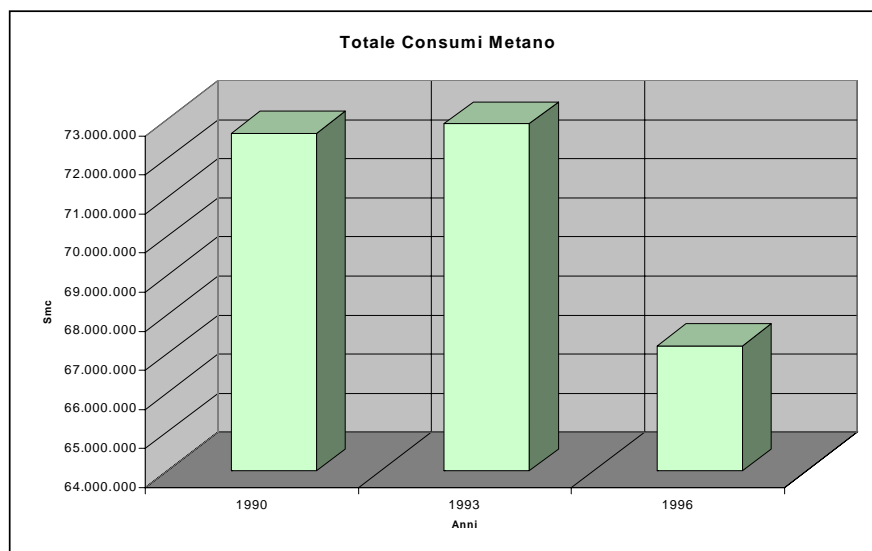
Consumi: il bilancio totale

Così come descritto precedentemente, e sulla base delle suddivisioni AGES in settori urbani e tipologie di utenza, la tabella successiva riporta i valori della serie storica del bilancio comunale dei consumi di metano della città di Pisa (i valori sono espressi in Smc, “standard metri cubi”).

CONSUMI: BILANCIO TOTALE (Smc)

Area Urbana	Anno		
	1990	1993	1996
Centro	17.367.548	20.271.943	18.235.607
Pisa Est	11.411.756	12.052.138	11.482.189
Porta Lucca	6.844.523	7.462.588	6.667.733
Cep Barbaricina	5.746.893	6.072.405	5.556.178
Aeroporto	8.480.102	9.422.026	8.830.994
Marina di Pisa	2.300.883	2.573.435	2.464.768
Zona speciale	17.956.115	11.139.200	10.420.668
Tirrenia	2.538.635	3.886.822	3.553.959
Totale	72.646.455	72.880.557	67.212.096

Dall’analisi di sintesi dei dati dei consumi riportati in tabella, la città di Pisa si caratterizza per un’evoluzione che è in netta controtendenza rispetto ai trend nazionali ed europei; si è infatti passati dai circa 72 milioni e mezzo di metricubi di metano fatturati nel 1990 - rimasti sostanzialmente inalterati nel 1993 - sino ai poco più di 67 Mmc di metano nell’ultima fatturazione del 1996.



Si è detto in controtendenza perché, invece, negli altri paesi, il trend medio dei consumi è in costante progressione di crescita.

Ed è infatti su questa base analitica che a livello di convenzioni internazionali è stata formulata la scelta di optare per l’anno 1990 come soglia entro i cui valori stabilizzare i consumi e le emissioni inquinanti; in pratica un anno in cui i valori delle emissioni sono sicuramente inferiori a quelli di metà decennio.

Questa controtendenza non è però imputabile ad un miglioramento dell'efficienza dei sistemi di Pisa od un maggiore impegno nel risparmio energetico.

E' possibile invece legare questa riduzione sostanzialmente a due fattori strutturali; il primo è legato alla progressiva dismissione delle attività industriali presenti nell'ambito urbano, mentre il secondo legato alle variazioni climatiche degli ultimi tre anni, caratterizzate per un sostanziale aumento delle temperature medie.

Infatti, le aree del Centro Urbano e della zona Aeroporto (cioè di quelle aree a forte prevalenza residenziale e terziaria), al contrario di quelle industriali, non si sono caratterizzate nel 1993 per un forte crollo dell'uso di combustibile, ma per un aumento dei consumi, in linea con i successivi incrementi della metanizzazione della città.

Questo significa che se non fossero intervenute sostanziali diversificazioni climatiche, non avremmo potuto riscontrare questo netto ribasso dei consumi.

Una chiara conferma delle origini strutturali di questa riduzione, viene dall'analisi dei consumi riorganizzata per tipologia di utenza finale, rappresentata nella tabella successiva.

TOTALE CONSUMI METANO PER TIPOLOGIA DI UTENZA

Utenze		1990	1993	1996
Commercio	Totale Consumi	6.038.279	6.132.808	6.442.820
	Discordanza con il 1990		1,57%	6,70%
Condomini	Totale Consumi	11.159.502	11.446.640	9.161.652
	Discordanza con il 1990		2,57%	-17,90%
Enti Statali	Totale Consumi	5.945.292	6.771.336	6.179.958
	Discordanza con il 1990		13,89%	3,95%
Industria	Totale Consumi	5.439.029	2.378.284	5.293.718
	Discordanza con il 1990		-56,27%	-2,67%
Riscaldamento	Totale Consumi	36.377.584	41.562.734	38.278.383
	Discordanza con il 1990		14,25%	5,23%
Uso Domestico	Totale Consumi	1.420.418	1.659.484	1.633.349
	Discordanza con il 1990		16,83%	14,99%
n.a.	Totale Consumi	6.266.351	2.929.271	222.216
	Discordanza con il 1990		-53,25%	-96,45%

La tabella presenta sia l'evoluzione storica dei consumi ricavata dagli archivi di fatturazione AGES, sia la loro discordanza percentuale dai valori del 1990.

I dati riportati evidenziano come la riduzione dei consumi sia legata sia al settore industria (oggetto di grosse dismissioni), sia al settore condomini (i maggiori fatturatori) che riportano una percentuale di diminuzione imputabile unicamente alle limitate variazioni dei gradi giorno dell'ultimo triennio.

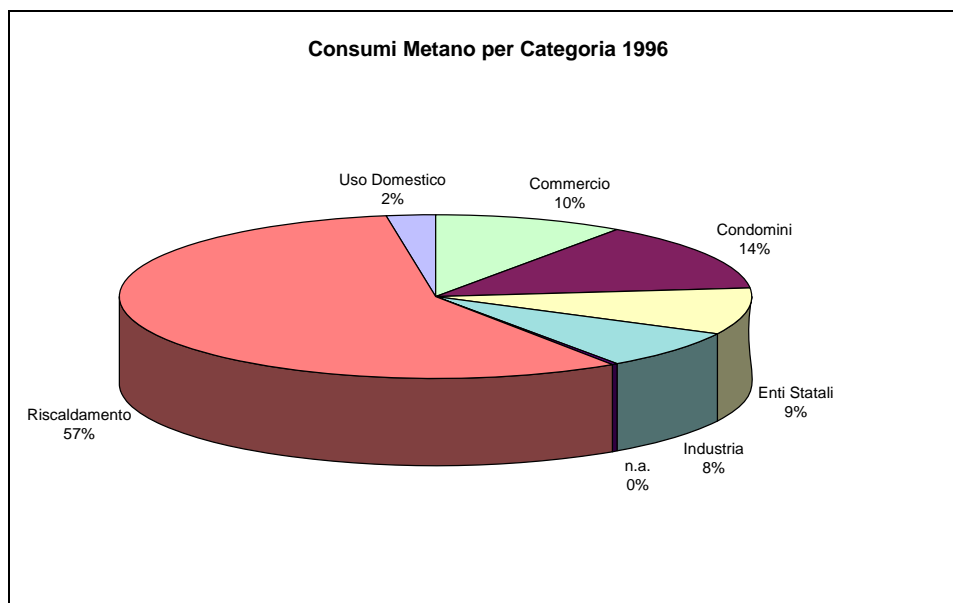
Ruolo particolare lo svolge il consumo classificato come n.a. (non attribuibile), derivante da classificazione ed usi che nel tempo sono variati nel database AGES.

Tutto questo non fa che confermare come questa controtendenza dei consumi non debba essere collegata ad un aumento dell'efficienza energetica del sistema pisano.

Dopo aver identificato i trend storici, passiamo ad analizzare le principali componenti del bilancio urbano dei consumi; queste componenti sono aggregazioni di larga massima per cercare di individuare gli ordini di grandezza dei volumi di consumi per le singole tipologie di utenze.

L'ulteriore disarticolazione dei dati degli specifici usi finali è stata invece sviluppata nel paragrafo successivo "Grandi Utenze".

Dalla tabella e dal grafico riassuntivo dei volumi di fatturazione, il primo ed evidente dato da sottolineare è quello che conferma Pisa nelle sue funzioni di città preminentemente residenziale e terziaria.



Infatti, il solo dato del consumo del metano per le funzioni di riscaldamento civile è comunque almeno di valore doppio degli altri, anche si dovessero sommare le restanti utenze, industria compresa.

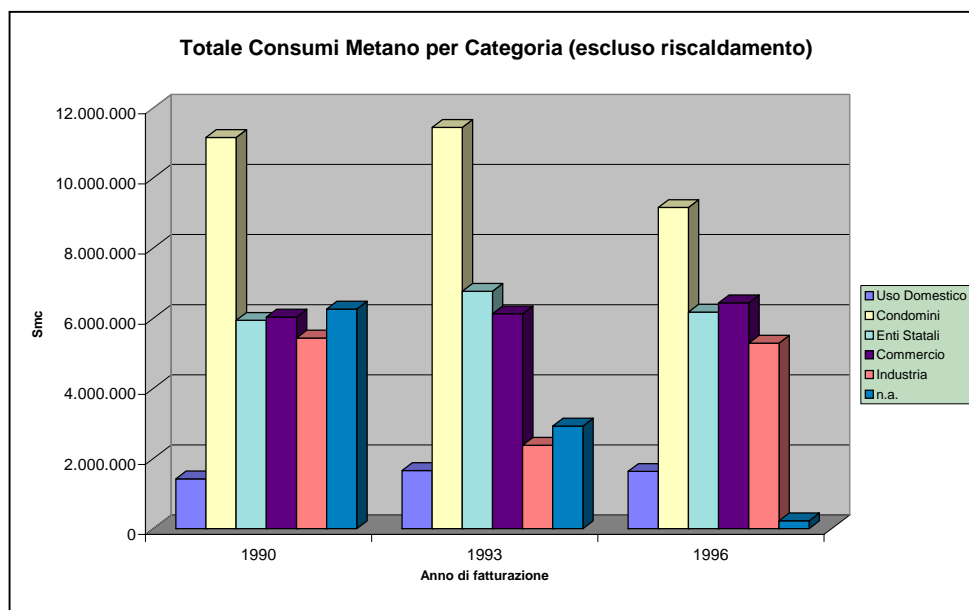
L'importanza strategica dei consumi per il riscaldamento civile è data dall'anomalia (la controtendenza precedentemente segnalata) relativa alla sua riduzione nel periodo di fatturazione del 1996.

Infatti, il dato residenziale, nel primo triennio 1990 -1993, si struttura in forma tradizionale, orientandosi per un graduale ma costante aumento.

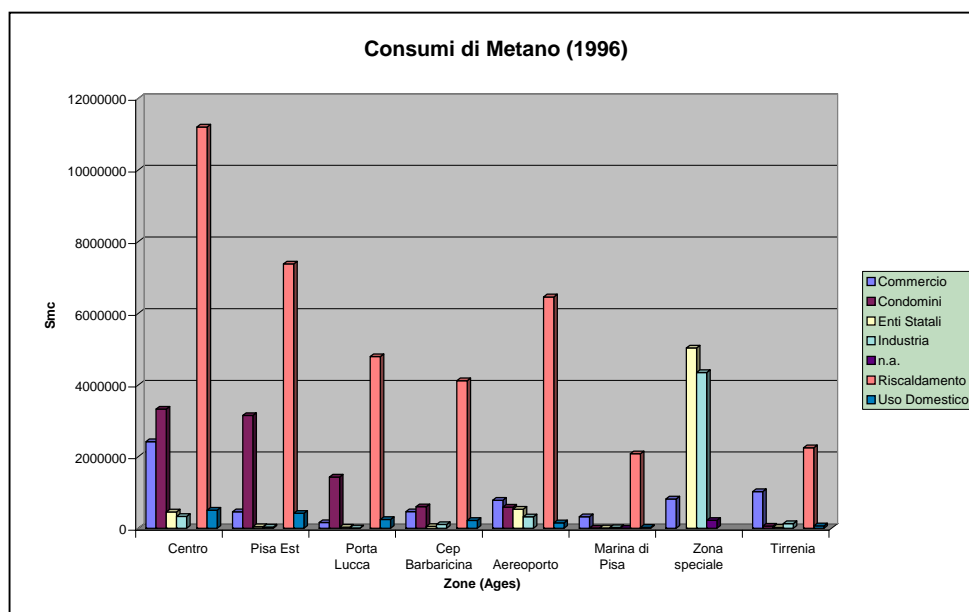
Nel secondo triennio invece, pur non rilevandosi significative riduzioni negli allacciamenti, si presenta, in forte controtendenza, verso una sostanziale riduzione; sino a ridurre i volumi di consumo di metano per il riscaldamento intorno ai livelli di 38 milioni di metricubi rispetto agli oltre 41 milioni del 1993.

Questa variazione conferma una valutazione sostanziale in termini di condizioni alla trasformazione: l'importanza strutturale del consumo residenziale urbano dato che, una seppur minima riduzione percentuale dei consumi per il settore civile significa una grossa riduzione in termini di valore assoluto.

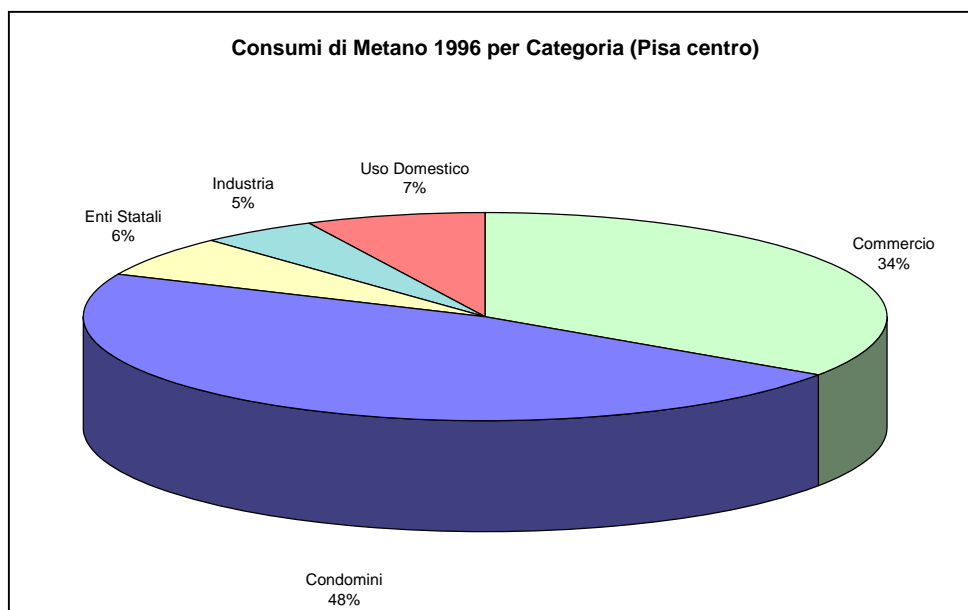
Ulteriore dato a conferma dell'importanza strategica che hanno le funzioni civili urbane nel contesto pisano del sistema energia è il secondo valore in termini di importanza quantitativa dei consumi: l'utenza terziaria.



In particolare, nell'area del centro, l'insediamento pisano si caratterizza per una larghissima diffusione delle funzioni terziarie come università e centri ricettivi; per questo settore la richiesta di combustibile complessiva supera addirittura quella dell'industria.



Ecco quindi che, nei termini di condizioni alla trasformazione, la possibilità di teleriscaldare queste funzioni terziarie permetterebbe non solo la drastica riduzione dei consumi, ma anche e soprattutto la contemporanea soddisfazione dei fabbisogni di raffrescamento, tipici per destinazioni d'uso come uffici, laboratori, centri commerciali. Questa doppia valenza riscaldamento/raffrescamento va ad aumentare considerevolmente il livello di fattibilità tecnica e di convenienza economica degli interventi di cogenerazione e teleriscaldamento delocalizzato per la soddisfazione della domanda delle urbane di Pisa.



Sempre in quest'ottica di fattibilità, anche l'intervento sulle funzioni urbane legate alla pubblica amministrazione, apporterebbe un notevole contributo alla riduzione dei consumi, anche e più di quanto possa farlo un intervento nel settore industriale.

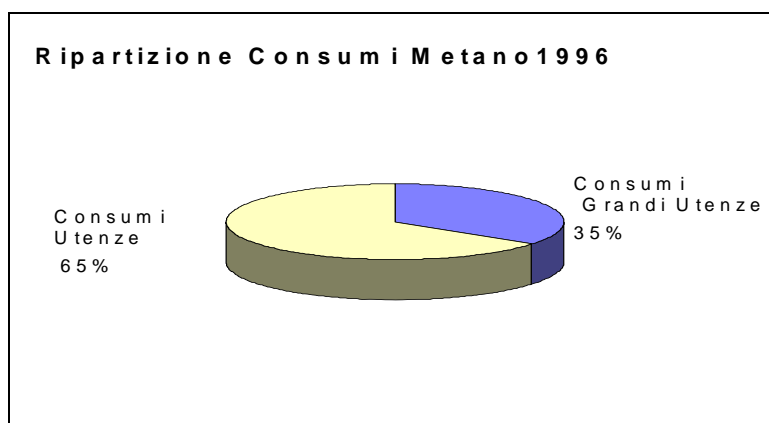
Consumi: il bilancio delle "Grandi Utenze"

Come descritto ad inizio capitolo, analoga analisi dei consumi è stata svolta per il settore delle "Grandi Utenze" – sia pubbliche che private – e sulla loro incidenza sui consumi globali di metano della città di Pisa; questa indagine è stata effettuata prendendo in esame sia gli anni di fatturazione tradizionali (1990, 1996), sia ampliandola a quelli più recenti (1994, 1995) per dare un quadro più aggiornato possibile dei principali protagonisti della scena energetica urbana locale.

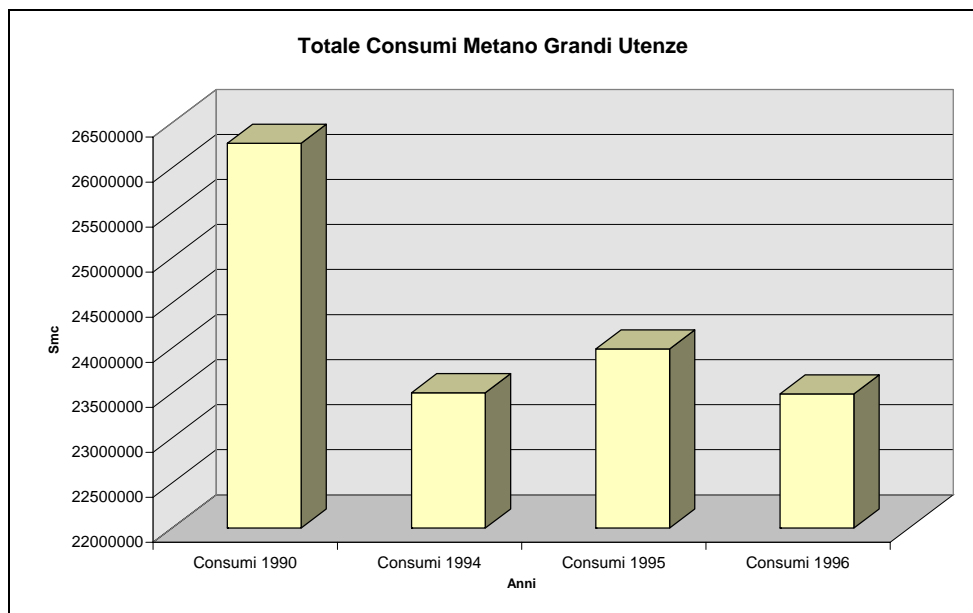
Il primo elemento dell'indagine è stato quello di individuare il peso delle grandi utenze nell'ambito urbano di Pisa.

Confrontando il rapporto fra i consumi fatturati dalle "Grandi Utenze" e le utenze cittadine totali nell'anno di riferimento 1990, ed in seguito nell'anno 1996, è stato verificato come sostanzialmente questo rapporto non sia mutato nel corso dell'ultimo quinquennio.

Si passa infatti dal 36% dei consumi di metano effettuati dalle "Grandi Utenze" nel 1990, al 35% del 1995.



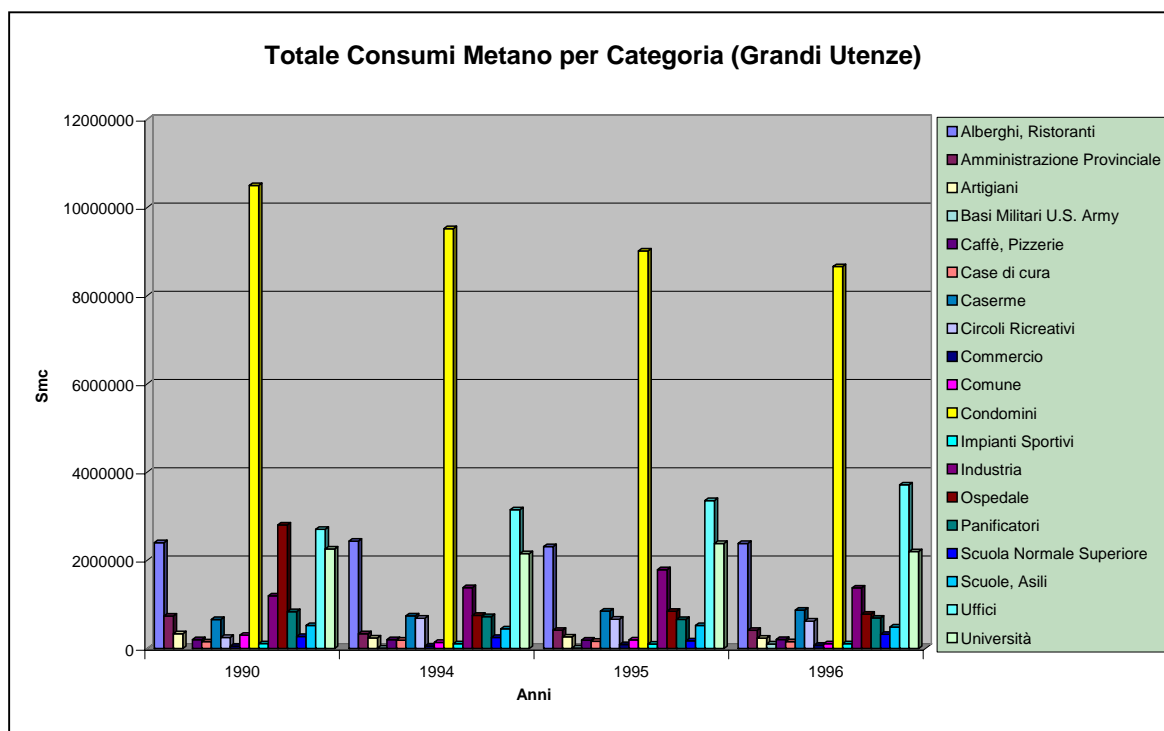
Dall'analisi dei dati riportati nel grafico successivo si può notare come anche nel caso delle "Grandi UtENZE" si sia verificata una successione dei consumi in netta diminuzione; infatti si è passati dai circa 26 milioni di metricubi di metano fatturati nel 1990, fino ai 23 e mezzo del 1994, per arrivare ai quasi 24 del 1995, ed infine ai 23 e mezzo Mmc di metano nell'ultima "bolletta" del 1996.



Nel particolare delle analisi dei dati, la tabella successiva riporta i valori effettivi dei consumi dei diversi soggetti e/o utenze finali che compongono questa categoria delle "Grandi UtENZE" nell'ambito di questo trend riduttivo avvenuto nel corso degli anni indagati.

Utenza	1990	1994	1995	1996
Alberghi, Ristoranti	2.399.969	2.432.610	2.309.921	2.382.389
Amministrazione Provinciale	735.701	334.382	415.358	413.696
Artigiani	335.506	240.023	262.655	235.129
Basi Militari U.S. Army		9.753	13.155	102.646
Caffè, Pizzerie	199.512	199.823	192.141	204.038
Case di cura	153.689	191.385	165.502	156.171
Caserme	657.890	741.230	849.543	871.692
Circoli Ricreativi	250.408	688.179	664.900	622.663
Commercio	50.218	55.860	90.884	72.514
Comune	301.567	139.076	195.004	108.215
Condomini	10.496.509	9519.440	9.011.577	8.657.523
Impianti Sportivi	110.425	107.426	101.217	108.349
Industria	1.191.866	1378.697	1.784.046	1.374.072
Ospedale	2.800.237	751.857	844.225	778.735
Panificatori	834.916	721.824	658.873	689.238
Scuola Normale Superiore	274.164	250.000	174.518	321.754
Scuole, Asili	521.830	445.756	521.700	485.857
Uffici	2.702.076	3143.903	3.353.110	3.708.498
Università	2.255.146	2152.088	2.382.083	2.196.905
Totale complessivo	26.271.629	23503.312	23.990.412	23.490.084

Dai dati della tabella, così come dai grafici successivi, viene confermata nuovamente la caratterizzazione tipicamente residenziale e terziaria della città di Pisa, elemento già evidenziato nel bilancio complessivo della città trattato nel paragrafo precedente.



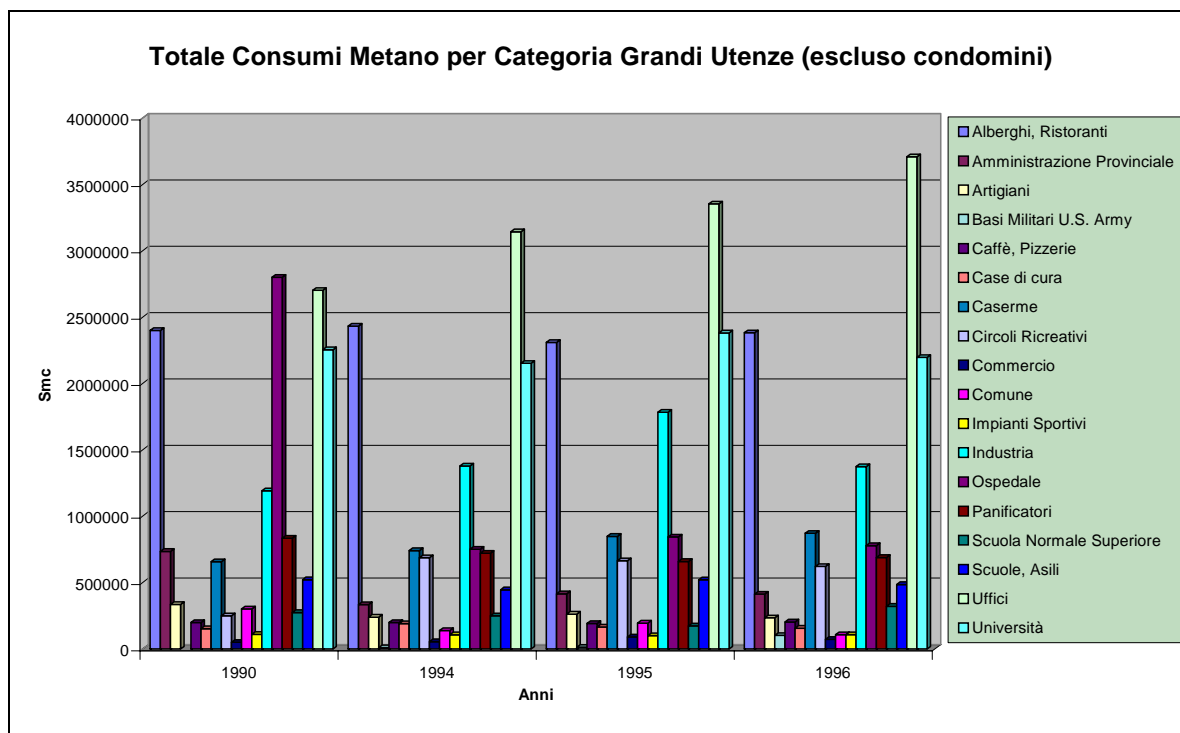
Infatti, anche dalle barre del grafico è facile individuare i condomini come il principale soggetto urbano “energivoro”, il cui valore effettivo dei consumi è comunque superiore anche alla somma di quelli provenienti dagli alberghi, i ristoranti, gli uffici, l’ospedale e le università di Pisa.

Ancora una volta è fondamentale sottolineare come questa preponderanza assuma un valore strategico nella pianificazione della trasformabilità urbana anche e soprattutto nei termini di soddisfazione di questa domanda attraverso cogenerazione approntata per altri insediamenti che possono avvenire nelle vicinanze dei grandi insediamenti condominiali.

La conferma di questa rete di fabbisogno territorialmente diffuso ma economicamente e tecnicamente oltre le soglie quantitative di convenienza viene dal grafico successivo; questo è stato elaborato per meglio poter focalizzare gli altri coprotagonisti urbani di questa domanda, senza essere offuscati dalla enorme mole e presenza dei fabbisogni condominiali.

In particolare, come già poteva ricavarsi dai dati dalla tabella precedente, il volume della domanda del terziario pisano è fortemente prevalente rispetto a quello dei servizi.

Infatti sono proprio gli uffici, le università, gli alberghi ed i ristoranti ad essere i principali “Grandi Utenti” che, in numero ridotto in termini di unità (territorialmente anche ben identificate), portano con se un entità di consumi di metano che si attesta intorno agli otto milioni di metri cubi; e, con particolare riguardo per gli “uffici”, con un trend di crescita nettamente positivo.



Infine, ancora una volta a sottolineare le potenzialità di questa domanda proveniente dal terziario, è fondamentale ricordare come oltre alle funzioni di termoregolazione questo richiede anche le funzioni del “raffrescamento” (detto anche comunemente del “condizionamento estivo”).

E' questa una funzione che può essere svolta dallo stesso flusso cogenerativo da cui far derivare il riscaldamento; può anzi permettere proprio la continuità di esercizio delle macchine sia nelle fasi invernali che in quelle estive superando l'annoso problema dei climi mediterranei che rendeva economicamente poco conveniente l'uso di caldaie che funzionassero per i pochi mesi invernali dei climi costieri.

- **Bilancio Energetico Territoriale: Consumi**

Quello descritto precedentemente è il lavoro di analisi svolto per la redazione del bilancio urbano completo dei consumi; questo lavoro è stato sviluppato sulla base della struttura organizzativa dell'AGES, e fornisce - per i criteri di trasformabilità - i valori globali su cui attestare i livelli di consumo.

Non si è però ritenuta sufficiente questa opzione in termini di integrazione in un Piano Strutturale; infatti, il rischio che si può correre con questa tipologia di dato nel sistema informativo ambientale, è che rimanga sostanzialmente distaccato e non integrato con le elaborazioni tematiche e di valutazione del piano.

Inoltre, il dato globale dei consumi, preso nella sola sua interezza numerica è condizione necessaria, ma non sufficiente per la redazione di un piano energetico.

Infatti, quest'ultimo, trova una sua sostanziale operatività (in termini di fattibilità per la cogenerazione ed il teleriscaldamento) solo quando è in grado di avere una distribuzione territoriale georeferenziata dei consumi; così da poter orientare e verificare la fattibilità degli scenari futuri e delle scelte progettuali.

E' stato quindi deciso, con la stretta collaborazione dell'AGES, di implementare una procedura informatica che permettesse di georeferenziare i dati dei consumi allo schema territoriale del PS: le Sezioni Censuarie dell'Istat.

E' stata quindi prodotta una cartografia tematica che è basata su questa strutturazione territoriale del PS, che colloca nelle sezioni censuarie i consumi di metano e, soprattutto, li ridistribuisce per utenza finale.

Questa procedura di interrogazione e riallocazione dei dati del database dell'AGES ha avuto come risultato, in fase di prima sperimentazione, la costruzione di una specifica carta tematica.

La non coincidenza toponomastica e di numerazione civile con il database dell'Istat ha però creato alcune esclusioni nella distribuzione dei consumi; è comunque obiettivo della seconda parte del lavoro perfezionare il dato.

Questo sia per arrivare ad una sua completa affidabilità, sia per poterlo poi confrontare con la carta del fabbisogno termico in fase di costruzione, e costruire l'Indice Energetico Fondiario, valore base per i vincoli alla trasformazione.

Si sottolinea ancora una volta l'importanza di questa operazione di coordinamento tra le fonti di informazione e conseguente riallocazione georeferenziata; proprio nell'ottica e con lo scopo di integrare queste variabili di verifica sulla sostenibilità all'interno di linguaggi e di prassi operative tradizionali della pianificazione urbana e territoriale.

- **Bilancio Energetico Comunale: Emissioni inquinanti**

In base al lavoro di coordinamento ed analisi delle informazioni relative ai consumi di metano della città di Pisa, si è proceduto all'elaborazione delle stime delle emissioni inquinanti connesse a quest'uso.

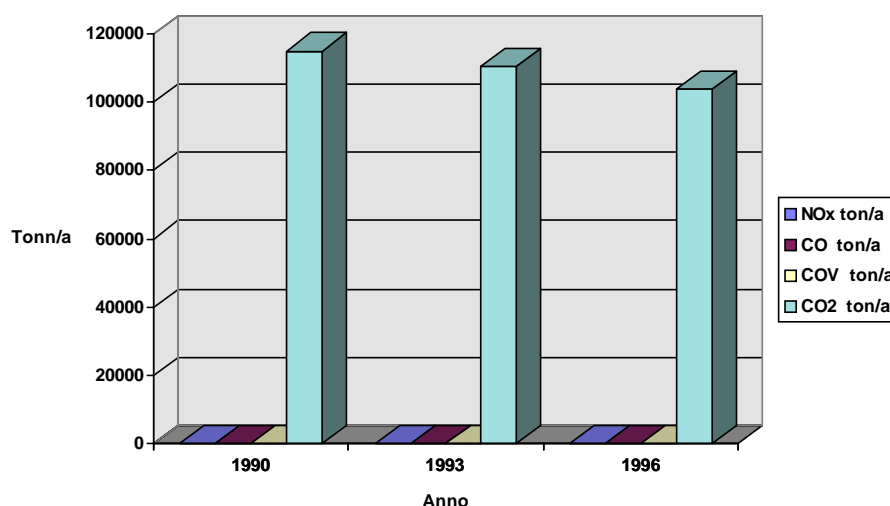
L'approccio metodologico utilizzato è stato l'uso e l'applicazione dei parametri di conversione formulati dal programma europeo CORINAIR, modello attualmente alla base delle elaborazioni statistiche dell'Istat e del Ministero dell'Ambiente nei relativi rapporti sullo "Stato dell'Ambiente".

Sulla base dei valori di conversione del modello CORINAIR, ed in rapporto ai consumi di metano prima analizzati, è stato calcolato, nei tre anni di riferimento, il bilancio comunale delle emissioni inquinanti derivanti da fonti civili fisse.

BILANCIO COMUNALE EMISSIONI INQUINANTI - TONN./ANNO				
	NOx	CO	COV	CO2
1990				
Acqua calda	2,41	1,93	0,24	2.445,81
Riscaldamento	80,99	64,79	8,10	82.035,25
Terziario	13,77	11,02	1,38	13.950,48
Pubbl. Amm.	10,11	8,09	1,01	10.237,17
Industria	6,11	4,89	0,61	6.192,24
Totale	113,40	90,72	11,34	114.860,96
1993	NOx	CO	COV	CO2
Acqua calda	2,82	2,26	0,28	2.857,46
Riscaldamento	90,25	72,20	9,02	91.411,23
Terziario	10,79	8,63	1,08	10.928,03
Pubbl. Amm.	1,88	1,50	0,19	1.901,39
Industria	3,18	2,54	0,32	3.218,77
Totale	108,91	87,13	10,89	110.316,87
1996	NOx	CO	COV	CO2
Acqua calda	2,72	2,17	0,27	2.752,79
Riscaldamento	70,47	56,38	7,05	71.381,32
Terziario	12,41	9,93	1,24	12.574,89
Pubbl. Amm.	10,52	8,41	1,05	10.651,35
Industria	6,47	5,18	0,65	6.552,75
Totale	102,59	82,07	10,26	103.913,10

In particolare, anche per le emissioni va segnalata l'inversione di tendenza avvenuta nel 1996; questa diviene sostanziale nel formulare le condizioni alla trasformabilità. Infatti, esiste una sostanziale differenza se, come condizione preliminare alle trasformazioni, verrà utilizzato il valore delle emissioni del 1996 o quello del 1990; quest'ultimo è quello richiesto per legge, ma è nettamente superiore al livello delle emissioni ottenuto nell'ultimo anno di fatturazione.

Pisa - Bilancio delle Emissioni Inquinanti

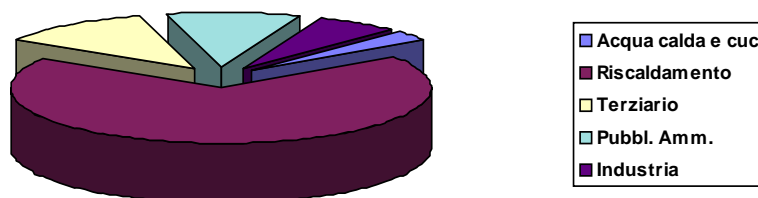


Questo riferimento alle soglie annuali complessive di inquinanti emessi nel sistema urbano pisano assume ancora maggiore importanza se lo si connette alle destinazioni d'uso territoriali presenti nel tessuto edificato; ne diviene condizione vincolante alle trasformazioni in quanto proprio quest'ultime sono legate ad alcune precise porzioni di aree urbane (o sub-sistemi o UTOE a secondo delle scale a cui si vuol fare riferimento).

Oltre alla fondamentale scelta dei livelli soglia per l'attestazione delle emissioni inquinanti, va ancora una volta sottolineata l'importanza e la strategicità delle funzioni urbane civili di riscaldamento, soprattutto in relazione al loro contributo di emissioni inquinanti.

Il grafico successivo ne evidenzia la portata e come siano questi gli elementi urbani su cui è fondamentale intervenire per ottenere una effettiva riduzione delle emissioni.

Pisa - Emissioni CO2 (1996)



Come si vede, nel caso della distribuzione percentuale alle funzioni delle emissioni di anidride carbonica, il riscaldamento urbano è drasticamente superiore alle altre origini dell'inquinamento; quindi diretto responsabile della pressione e del deterioramento della qualità del sistema aria.

2.2.5. Sistema rifiuti

A premessa di questo capitolo, si vuole fare una precisazione sulla nomenclatura adottata per le diverse categorie di rifiuti. Il Decreto Legislativo n° 22/97, recentemente entrato in vigore, ha infatti riclassificato i rifiuti, in recepimento di direttive europee, prevedendo una classificazione secondo l'origine, in rifiuti urbani e rifiuti speciali, e una classificazione secondo le caratteristiche di pericolosità, in rifiuti pericolosi e rifiuti non pericolosi.

I dati da noi raccolti ed elaborati fanno tuttavia ancora riferimento alla classificazione precedentemente vigente in Italia (ex DPR 915/82). Se la sovrapposizione dei due sistemi di classificazione non rischia di creare confusione per quanto riguarda i rifiuti urbani o speciali, qualche problema si crea per i rifiuti pericolosi, categoria che non era prevista nel DPR 915/82.

Per evitare confusione, si è ritenuto opportuno specificare con questa premessa che la nomenclatura adottata nel seguito, per i rifiuti di origine industriale, segue ancora la classificazione prevista dal DPR 915/82: rifiuti speciali, rifiuti assimilabili agli urbani e rifiuti tossici e nocivi.

Indicatori di pressione

- **Produzione rifiuti urbani**

Nel Comune di Pisa vengono prodotte annualmente circa 61.000 tonnellate di Rifiuti Urbani, con una produzione pro-capite (facendo riferimento alla popolazione presente, che nel 1991 risultava pari a 115.649 abitanti) di 527,5 kg/ab.anno (1,44 kg/ab.giorno).

La quantità complessivamente prodotta è però comprensiva del contributo di produzione di Rifiuti Urbani apportato dalle presenze turistiche, che ammontano nell'anno 1994 a 1.179.336, di cui 640.287 nella città di Pisa e 539.049 sul litorale. Facendo riferimento ai dati di letteratura (365 kg/ab/anno), la produzione di rifiuti della popolazione presente ammonterebbe in realtà a circa 42.000 t/anno.

Questo calcolo ci permette di ricavare una stima della popolazione fluttuante media giornaliera. Se infatti sottraiamo alle 61.000 tonnellate totali di Rifiuti Urbani le 42.000 tonnellate attribuibili alla popolazione presente, le restanti 20.000 inducono a stimare (20.000/365/0.8 quantità di rifiuti che si stimano prodotti procapite dalle presenze turistiche) circa 65.000 presenze medie giorno. Il valore che emerge risulta attendibile se si considera che il solo pendolarismo per motivi di studio e/o lavoro verso la città di Pisa, rilevato nel censimento Istat 1991, conta 38.717 persone.

Questo dato, che non tiene ancora conto della fluttuazione reale delle presenze turistiche, che si concentrano, come confermano anche i dati di produzione mensile di rifiuti urbani (vedi tabella e grafico che seguono), in periodi limitati dell'anno, è tuttavia fondamentale per il dimensionamento e la implementazione di politiche di raccolta e gestione degli RU.

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati di produzione annua e mensile di rifiuti urbani, forniti dal Comune di Pisa e dall'azienda municipalizzata GEA.

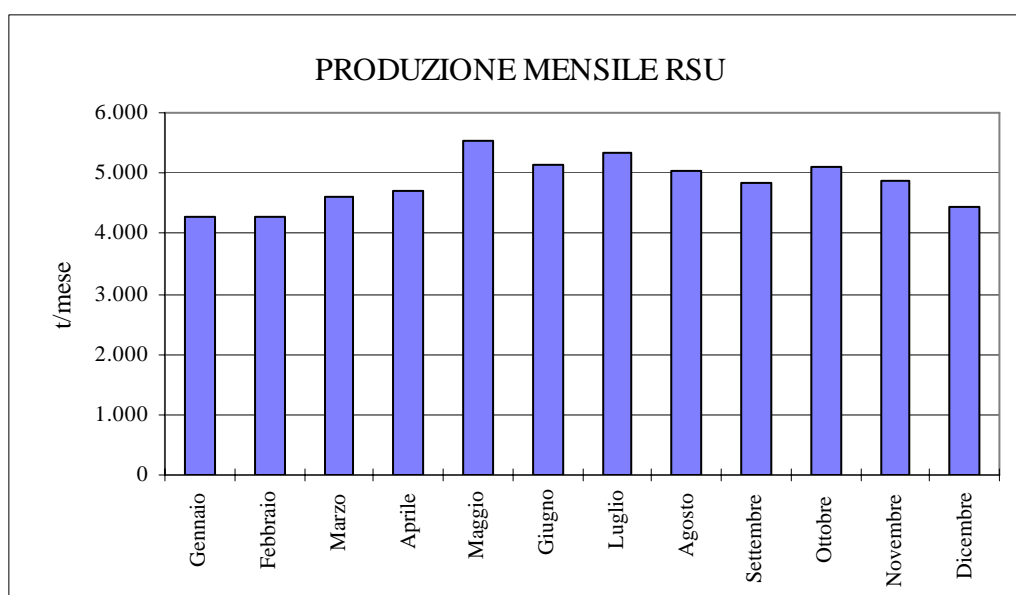
Produzione annua, dal 1993 al 1996, di Rifiuti Urbani, inclusa la quota di tali rifiuti raccolta in modo differenziato.

Anno	Rifiuti Urbani (t/anno)	Variazione % da anno prec.	Racc. Diff. (t/anno)	Racc. Diff. (%)	TOTALE (t/anno)
1993	49.786,0	-	1.668,4	3,2	51.454,4
1994	58.455,3	+17,40	2.107,0	3,5	60.562,3
1995	58.949,8	+0,85	2.376,6	3,9	61.326,4
1996	58.186,3	-1,30	2.986,0	4,9	61.172,3

Produzione mensile, dal 1994 al 1996, di Rifiuti Urbani, al netto della raccolta differenziata.

Mese	1994 (tonn.)	1995 (tonn.)	1996 (tonn.)
Gennaio	4.517	5.219	4.291
Febbraio	4.217	4.029	4.270
Marzo	5.157	5.749	4.619
Aprile	4.833	4.881	4.713
Maggio	4.791	5.342	5.536
Giugno	5.134	5.096	5.126
Luglio	5.295	5.022	5.324
Agosto	5.680	5.471	5.043
Settembre	5.022	4.397	4.856
Ottobre	5.047	4.247	5.102
Novembre	4.685	4.745	4.878
Dicembre	4.588	4.681	4.432
TOTALE	58.966	58.879	58.190

N.B: questi dati, forniti dalla GEA, si discostano leggermente dai dati di produzione annua forniti dal Comune di Pisa e riportati nella precedente tabella. Le differenze comunque non sono sostanziali



Ripartizione percentuale tra i diversi mesi dei Rifiuti Urbani prodotti nel 1996 (al netto della raccolta differenziata)

Anno	1996
	(%)
Gennaio	7,4
Febbraio	7,3
Marzo	7,9
Aprile	8,1
Maggio	9,5
Giugno	8,8
Luglio	9,1
Agosto	8,7
Settembre	8,3
Ottobre	8,8
Novembre	8,4
Dicembre	7,6
TOTALE	100,0

Per quanto riguarda la produzione annua di rifiuti urbani, si può osservare un progressivo incremento di produzione fino al 1995, particolarmente consistente tra il 1993 e il 1994 (+17,4%), e una leggera riduzione della quantità prodotta nel 1996 (-1,3%). Non si commenta invece in questo paragrafo il dato relativo alla raccolta differenziata, che sarà analizzata dettagliatamente nel seguito.

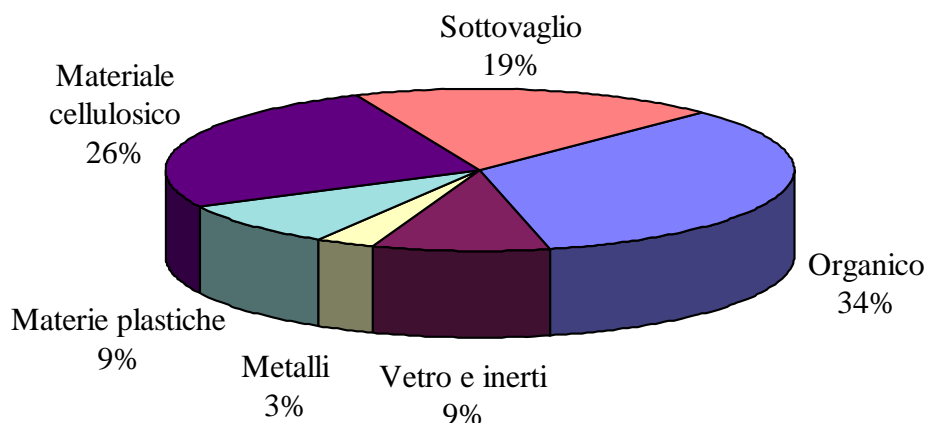
Considerando la ripartizione della produzione nei diversi mesi dell'anno, si nota un incremento della quantità prodotta nei mesi di maggio, giugno, luglio, che fanno registrare le percentuali più alte di produzione (rispettivamente il 9,5%, l'8,8% e il 9,1%). Tale incremento può essere ricondotto in parte alle presenze turistiche, in parte anche all'incremento di produzione di "rifiuti verdi" provenienti dagli sfalci dei giardini. I mesi caratterizzati dalla minore produzione di rifiuti risultano essere i mesi invernali (dicembre, gennaio e febbraio).

- **Composizione merceologica dei rifiuti urbani**

Relativamente alla composizione merceologica dei rifiuti urbani, non sono disponibili per il Comune di Pisa indagini specifiche. Per avere dunque una indicazione di massima si deve fare riferimento a dati di letteratura.

La composizione merceologica dei rifiuti varia in funzione di molteplici parametri, primi fra tutti la dimensione dei centri abitati e la loro caratterizzazione socio-economica.

Facendo dunque riferimento a dati riportati in letteratura per comuni con caratteristiche analoghe a Pisa, si può ipotizzare la composizione merceologica riportata nel grafico seguente:



Sulla base di questa ipotesi, si può quindi stimare la quantità di rifiuti prodotti per categoria merceologica. La stima è riportata nella tabella che segue:

Quantità di rifiuti urbani prodotti per categoria merceologica

Materiale	Quantità (t/anno)
Organico	20.798,5
Vetro e inerti	5.505,5
Metalli	1.835,2
Materie plastiche	5.505,5
Materiale cellulosico	15.904,7
Sottovaglio	11.622,7
TOTALE	61.172,1

Una considerazione a parte meritano gli imballaggi, anche alla luce delle nuove disposizioni normative (D.Lgs 22/97), che prevedono per questa categoria di rifiuti una specifica disciplina di gestione.

In genere nei rifiuti urbani le confezioni e gli imballaggi hanno un'incidenza in peso pari a circa il 30%, che per il Comune di Pisa porta a stimare una produzione di 18.351,6 t/anno. Per tali rifiuti si può ipotizzare la seguente composizione merceologica¹⁹:

- Carta e cartone: 26%;
- Plastica: 24%;
- Vetro: 37%;
- Metalli: 7%;
- Legno: 5%;
- Altro: 1%.

Facendo quindi riferimento a queste percentuali, si può stimare la produzione di rifiuti di imballaggio per categoria merceologica riportata in tabella:

¹⁹Pieroni M. (a cura di), Consumo e recupero di imballaggi in Italia. La direttiva europea sugli imballaggi e i rifiuti da imballaggio, in collaborazione con Istituto Italiano Imballaggio, Collana di rapporti dell'Istituto per l'Ambiente, n° 03/95.

Quantità di rifiuti da imballaggio prodotti per categoria merceologica

Materiale	Quantità (t/anno)
Carta e cartone	4.771,4
Plastica	4.404,4
Vetro	6.790,1
Metalli	1.284,6
Legno	917,6
Altro	183,5
TOTALE	18.351,6

Dal confronto tra questa tabella e quella relativa alla stima della composizione merceologica dei rifiuti urbani complessivi, si rileva una incongruenza sul dato relativo al vetro. Dalla stima effettuata per i soli rifiuti da imballaggio, la quantità di contenitori in vetro risulterebbe infatti superiore alla quantità di questo materiale presente complessivamente nei rifiuti. Purtroppo questo è il limite dei metodi di stima applicati, i cui risultati devono essere presi solo come dati indicativi.

• **Produzione rifiuti organici da utenze non domestiche**

La produzione di rifiuti organici da utenze non domestiche è di particolare interesse per le potenzialità di recupero ai fini della produzione di compost di qualità.

Il calcolo si basa sull'individuazione delle principali fonti di produzione (mense, mercati, manutenzione verde pubblico, grandi supermercati) e delle relative quantità prodotte.

Il dato di partenza è costituito dalle superfici tassate delle utenze in cui viene generalmente prodotta una considerevole quantità di scarti organici. Partendo da questo dato, la quantità complessiva di scarti organici prodotta si ottiene moltiplicando le superfici per i kg/anno di rifiuti prodotti mediamente in quel tipo di utenza. Un'ulteriore coefficiente moltiplicativo tiene invece conto dell'efficienza di intercettazione degli scarti organici prodotti, e viene applicato per valutare l'effettiva potenzialità di recupero degli scarti stessi. In tabella si riportano le categorie di utenze considerate e i relativi coefficienti moltiplicativi.

Categorie di utenze non domestiche che comportano una significativa produzione di scarti organici e relativi parametri utilizzati per la stima delle quantità di scarti recuperabili.

Tipologia di utenze	Produzione (kg/mq.anno)	Efficienza intercettazione (%)
Residenziale (collegio, convitto, istituto, casa di riposo, convento, convivenza, collegio e colonia stagionale)	25	25
Turistico-Ricettive (albergo, pensione, locanda affittacamere)	25	25
Turistico-Ricettive (albergo litorale, pensione litorale, stagionali)	8	10
Commerciale (Ristorante, trattoria, pizzeria, tavola calda, rosticceria, paninoteca, birreria, bar, gelateria, pasticceria)	30	25
Commerciale (Stagionali di tipo: ristorante, trattoria, pizzeria, tavola calda, rostic., paninoteca, birreria, bar, gelateria, pastic.)	10	10
Commerciale (generi alimentari, frutta e verdura, pesce, carni, fiori e piante)	35	25
Commerciale (supermercati)	30	25
Pubbliche e/o di interesse pubblico (Scuole e istituti di istruzione)	17	25
Pubbliche e/o di interesse pubblico (Caserma, carcere, casa di cura, mensa aziendale)	35	25

Il risultato della stima per il Comune di Pisa, effettuata utilizzando i dati forniti dai competenti uffici comunali sulle superfici tassate per le tipologie di utenze considerate, sono riassunti nelle due tabelle seguenti.

Stima della produzione di scarti organici da grandi utenze nel Comune di Pisa

Parametri	N°	Superf. (mq.)	Scarti (t/anno)	Scarti /N°
Residenziale (collegio, convitto, istituto, casa di riposo, convento, convivenza, collegio e colonia stagionale)	46	84.721	530	11,52
Turistico-Ricettive (albergo, pensione, locanda affittacamere)	49	32.422	203	4,14
Turistico-Ricettive (albergo litorale, pensione litorale, stagionali)	30	36.478	30	1,00
Commerciale (Ristorante, trattoria, pizzeria, tavola calda, rosticceria, paninoteca, birreria, bar, gelateria, pasticceria)	536	51.507	386	0,72
Commerciale (Stagionali di tipo: ristorante, trattoria, pizzeria, tavola calda, rostic., paninoteca, birreria, bar, gelateria, pastic.)	30	2.493	2	0,07
Commerciale (generi alimentari, frutta e verdura, pesce, carni, fiori e piante)	442	21.172	185	0,42
Commerciale (supermercati)	24	24.216	182	7,58
Pubbliche e/o di interesse pubblico (Scuole e istituti di istruzione)	182	330.190	1.376	7,56
Pubbliche e/o di interesse pubblico (Caserma, carcere, casa di cura, mensa aziendale)	31	82.053	718	23,16
TOTALE	1.370	665.252	3.612	2,64

Stima della quantità di scarti organici prodotti da grandi utenze nel Comune di Pisa, ripartita per settore urbano

Settore urbano	N° ut.	Scarti organici recuperabili (t/anno)	Scarti medi per utenza (t/a/n°)
Pisa Nord	82	221,3	2,70
Pisa Nord-Ovest	50	175,1	3,50
Pisa Ovest	48	86,0	1,79
Pisa Sud-Ovest	47	176,5	3,74
Pisa Sud-Est	29	42,0	1,45
Pisa Sud	7	8,4	1,14
Pisa Est	40	27,0	0,68
Pisa Est-Nord-Est	56	252,2	4,50
Pisa Nord-Nord-Est	71	267,2	3,76
Centro Urbano	747	1919,8	2,57
Lungofiume	5	4,9	1,00
Litorale	188	431,6	3,36
TOTALE	1.370	3.612,0	2,64

La quantità complessiva di scarti organici che possono essere raccolti da utenze non domestiche per Pisa è stimata pari a 3.612 t/anno. Si può ipotizzare che questa quantità costituisca circa il 50% della quantità effettivamente prodotta presso tali utenze, che quindi può essere stimata in 7.200 t/anno, il 35% circa della quantità di scarti organici complessivamente presenti nei rifiuti urbani.

Le utenze prese in considerazione per il calcolo sono complessivamente 1.370, e il numero maggiore è costituito dalle attività commerciali di ristorazione. La maggiore quantità di scarti organici prodotti è invece da attribuire alle scuole o istituti di istruzione.

Considerando invece la ripartizione della produzione nei diversi settori urbani, si osserva che la quantità maggiore viene prodotta nel centro urbano, dove risultano complessivamente concentrate 747 utenze (54,5% del totale).

Un parametro interessante da analizzare è costituito dal rapporto tra quantità di scarti organici recuperabili e n° di utenze, che fornisce una indicazione della quantità di scarti recuperabili in ogni singola utenza. Dalle tabelle si nota che la categoria che presenta il valore più alto per tale parametro è quella costituita da caserme, carcere, case di cura e mense aziendali (23,16), seguita dalla categoria dei collegi, convitti, istituti, case di riposo, conventi, e colonie stagionali (11,52). Queste risultano dunque essere le utenze in cui la produzione di scarti organici è maggiormente concentrata.

Ripetendo la stessa analisi con riferimento alla ripartizione per settori urbani, si verifica che le zone Pisa Est-Nord-Est (Porta a Piagge, San Biagio, Cisanello, San Cataldo), Pisa Nord-Nord-Est (Pratale-Don Bosco, Borghetto-San Michele) e Pisa Sud-Ovest (San Giusto, San Marco) sono quelle caratterizzate dai valori più alti di questo indice.

Per la produzioni di rifiuti organici da utenze specializzate, sono anche disponibili i risultati di una apposita ricerca effettuata nel 1995 per conto dell'Amministrazione Provinciale di Pisa²⁰. Sulla base di tale ricerca, viene stimata la presenza, nel Comune di Pisa, di 774 produttori specializzati di scarti organici, per una quantità complessiva di 22.610 kg/giorno (circa 8.250 t/anno). La differenza tra le due stime è da ricercare nelle categorie di attività prese in considerazione.

Quest'ultima stima è stata effettuata a partire dai dati forniti dalla banca dati CERVED, prendendo in considerazione le seguenti categorie di attività:

- attività di trasformazione di prodotti agricoli;
- industrie alimentari di base (grassi vegetali/animali, macellazione bestiame, preparazione/conservazione carni, casearia, frutta, ortaggi, funghi, lavorazione/conservazione pesce, granaglie, paste alimentari, prodotti amidacei, panificazione, pasticceria, biscotti);
- commercio all'ingrosso di prodotti alimentari;
- commercio al minuto di prodotti ortofrutticoli, lattiero-caseari, carne, pesce, pasticceria;
- pubblici esercizi ed esercizi alberghieri (ristoranti, bar, mense, alberghi, vagoni letto/ristorante, esercizi alberghieri complementari).

In particolare, nel Comune di San Giuliano Terme, è stata individuata la presenza di 12 attività di trasformazione di prodotti agricoli, 79 industrie alimentari, 3 attività di commercio all'ingrosso di prodotti alimentari, 276 attività di commercio al dettaglio di generi alimentari, 404 ristoranti, alberghi e mense.

Per la stima effettuata sulla base delle superfici tassate, non erano disponibili i dati relativi alle prime tre categorie di attività (trasformazione prodotti agricoli, industrie alimentari, commercio all'ingrosso); si tratta quindi sicuramente di una sottostima.

• **Produzione rifiuti di origine industriale**

²⁰Tepro Analysis srl - Provincia di Pisa, Analisi costi/benefici dell'organizzazione della raccolta differenziata della carta, dell'organico e del verde presso utenze specializzate nell'ambito dei territorio dei bacini XII e XIII della Provincia di Pisa, Luglio 1995.

I dati sulla produzione di rifiuti di origine industriale sono stati forniti dalla Provincia di Pisa, che ha informatizzato il Catasto Rifiuti relativo alle denunce del 1993.

Sulla base di tali dati, risulta che nel Comune di Pisa vengono prodotte annualmente 22.715 tonnellate (più 9.585 mc, per i quali non era denunciato il peso corrispondente) di rifiuti di origine industriale, dei quali 11.623 tonnellate (più 206,6 mc) sono classificati come Rifiuti Speciali, 10.351,5 tonnellate (più 9,377,5 mc) come Rifiuti Assimilabili agli Urbani e 740 tonnellate come Rifiuti Tossici e Nocivi. Questi dati sono riassunti nella tabella che segue.

Produzione di rifiuti di origine industriali (1993)

	Quantità (t/anno)	Quantità* (mc/anno)
Rifiuti speciali	11.623,27	206,58
Rifiuti assimilabili agli urbani	10.351,53	9.377,50
Rifiuti tossici nocivi	740,17	-

* il valore in mc/anno è da considerare in aggiunta alla quantità espressa in t/anno

Per quanto riguarda la tipologia dei rifiuti di origine industriale prodotti, si riportano nella successiva tabella le quantità prodotte per le diverse categorie incluse nel catalogo italiano rifiuti.

Codice	Descrizione rifiuto	Quantità (t/anno)	Quantità* (mc/anno)
A	Soluzioni e/o miscele acquose	1.441,28	56,11
B	Sostanze e/o composti organici non alogenati e/o materiali contenenti gli stessi	130,68	0,00
C	Sostanze e/o composti organici alogenati e/o materiali contenenti gli stessi	21,21	0,00
D	Oli e grassi minerali, vegetali, animali	940,68	6,20
E	Peci e morchie	22,03	0,00
F	Fanghi	6.348,68	9.048,90
G	Metalli e non, ossidi, anidridi, idrossidi, sali non in soluzione e materiali contenenti gli stessi	572,38	0,36
H	Rifiuti solidi	8.038,35	0,00
K	Rifiuti potenzialmente assimilabili ai rifiuti urbani	4.473,79	335,00
L	Rifiuti ospedalieri	23,46	8,77
M	Rifiuti inerti	701,07	128,00
n.i.	Non indicato	1,37	0,74
TOTALE		22.714,97	9.584,08

* il valore in mc/anno è da considerare in aggiunta alla quantità espressa in t/anno

Dalla tabella si rileva che le maggiori quantità di rifiuti rientrano nelle categorie “F”, “H” e “K”, rispettivamente corrispondenti a fanghi, rifiuti solidi e rifiuti potenzialmente assimilabili ai rifiuti urbani. In particolare, nella categoria rifiuti solidi, la quasi totalità (7.349 t/anno) è costituita da ceneri, scorie o polveri di combustione.

Per i rifiuti tossici e nocivi, si riporta inoltre di seguito la tabella con la descrizione dettagliata delle tipologie di rifiuti classificati come tali. Si può osservare che le maggiori quantità sono costituite da accumulatori al piombo o diluenti e/o solventi utilizzati per pulizia.

Quantità di rifiuti tossici e nocivi prodotti per tipologia.

Codice rifiuto	Tipologia di rifiuto	Quantità (t/anno)
A2001	Bagni esausti di fissaggio non deargentati	0,23
A2002	Bagni esausti di fissaggio deargentati	0,31
A2010	Altri bagni esausti e/o altre soluzioni da altri trattamenti dell'industria grafica	0,15
A2023	Emulsioni oleose	0,22
A4025	Soluzioni di acido solforico	0,60
A4041	Soluzioni acide da batterie e accumulatori	0,10
B0602	Composti farmaceutici	4,03
B0611	Diluenti e/o solventi utilizzati per pulizia	110,85
B0616	Liquidi penetranti	0,13
B0617	Reagenti di laboratorio	0,04
B0618	Miscela di solventi e composti chimici di laboratorio	1,21
B0619	Sostanze chimiche di laboratorio non identificate e/o sol. nuove con effetti non conosciuti sull'ambiente	0,37
B0624	Vernici	0,82
B0627	Residui di distillazione e/o sgrassatura con solventi organici non alogenati	2,45
B0998	Miscela di sostanze e/o composti organici non alogenati	0,37
B0999	Altre sostanze e/o composti organici non alogenati	0,49
C0007	1,1,1, - tricloroetano	4,10
C0009	tetracloroetilene	0,18
C0029	Miscela di solventi organici alogenati	1,56
C0030	Miscela di solventi organici alogenati e non	7,30
C0049	altri composti fenolici clorurati	0,08
C0204	Svernicianti contenenti composti clorurati	0,30
C0205	Residui di distillazione macchine lavasecco	6,69
C0997	Altri materiali contenenti composti organici alogenati	0,20
C0998	Miscela di sostanze e/o composti organici alogenati	0,62
D0001	Oli minerali con PCB e/o PCT	1,61
D0031	Oli minerali e/o sintetici per autotrazioni	0,71
F1999	Altri fanghi di natura prevalentemente inorganica	4,00
G0135	Scorie e/o polveri contenenti piombo	9,80
G0181	Accumulatori al piombo	150,54
G0182	Pile contenenti mercurio	0,01
G0183	Pile al nichel-cadmio	0,30
G0190	Altre pile	0,58
G0999	Metalli, non metalli, ossidi, anidridi, idrossidi, sali non in soluzione e materiali contenenti gli stessi	7,84
H0028	Filtri imbevuti di olio	12,96
H0029	Farmaci scaduti	42,00
H0030	Cosmetici scaduti	3,23
H0999	Altri rifiuti solidi inquinanti	43,49
n.i.	non indicato	0,89

• **Impianto di termodistruzione**

Sul territorio comunale, in prossimità della zona artigianale e industriale di Ospedaletto, è presente un impianto di termodistruzione di rifiuti urbani e rifiuti ospedalieri.

L'impianto è stato avviato nel 1980, ed è stato fermato per adeguamenti alle disposizioni del DPR 915/82 nel 1991. Ha ripreso l'esercizio nella configurazione attuale nel 1993.

E' costituito da due linee di combustione con forni a gradini, e in conformità con quanto disposto dal DPR 915/82, è dotato di camera di post-combustione, in cui la temperatura si attesta normalmente a valori di 950-1000°C. La concentrazione di ossigeno libero nei fumi in uscita da tale camera è normalmente superiore al 6-8% e il tempo di contatto è superiore ai 2 secondi, come richiesto dalla normativa.

La potenzialità dell'impianto è di 240 t/giorno, e la quantità annua complessivamente smaltita è pari a circa 60.000 tonnellate (mediamente 5.000 t/mese), di cui circa il 10% di rifiuti ospedalieri e la restante parte di rifiuti urbani. Le scorie prodotte ammontano complessivamente al 25-30% del rifiuto bruciato, e vengono smaltite in una discarica autorizzata, ubicata nel comune limitrofo di Cascina.

Nelle tabelle successive si riportano i dati relativi alla quantità annua di rifiuti urbani inceneriti e alla quantità annua di scorie e ceneri prodotte dall'inceneritore dal 1993 al 1996, forniti dal Comune di Pisa.

Rifiuti urbani inceneriti annualmente dal 1993 al 1996.

Anno	Rifiuti inceneriti (t/anno)	Variazione % da anno precedente
1993	27.765,8	-
1994	60.334,0	+117,2
1995	59.235,3	-1,8
1996	45.093,9	-23,8

Quantità annua di scorie e ceneri prodotte dall'inceneritore dal 1993 al 1996.

Anno	Scorie (t/anno)	% rispetto tot. RU incen.	Ceneri (t/anno)	% rispetto tot. RU incen.
1993	7.338,8	26,4	392,0	1,4
1994	19.735,4	32,7	1.205,5	2,0
1995	18.107,6	30,6	1.841,0	3,1
1996	14.070,5	31,2	1.004,9	2,2

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Prevenzione e riduzione della produzione e pericolosità dei rifiuti**

In recepimento delle nuove disposizioni normative dettate dal D.Lgs n° 22/97, nel Comune di Pisa andranno intraprese specifiche iniziative dirette a favorire la prevenzione e la riduzione della produzione e della pericolosità dei rifiuti. L'art. 3 del citato Decreto sancisce infatti la priorità della "prevenzione" nell'ambito della strategia complessiva di gestione dei rifiuti.

Inoltre il Piano regionale di gestione dei rifiuti, approvato dalla Giunta Regionale Toscana nella seduta del 14.4.97, individua i seguenti obiettivi di riduzione dei rifiuti:

- entro il 3 marzo 1999: contenere la produzione entro il livello 1995;
- entro il 3 marzo 2001: contenere la produzione entro il livello del 1995 o ridurla del 5%;
- entro il 3 marzo 2004: ridurre la produzione dei rifiuti fra il 5% e il 15% rispetto al 1995.

In base a queste disposizioni, entro il 2004 la produzione di rifiuti nel Comune Pisa deve ridursi, rispetto al dato di produzione del 1996, di una quantità compresa tra 3.000 e 9.000 t/anno.

Sempre facendo riferimento a quanto indicato nel Piano regionale di gestione dei rifiuti, obiettivi prioritari delle azioni di minimizzazione dei rifiuti sono i seguenti:

- riduzione dei consumi di merci a perdere qualora essi siano sostituibili, a parità di prestazioni, da prodotti utilizzabili più volte;
- sostegno a forme di consumo e di distribuzione delle merci che intrinsecamente minimizzino la generazione di rifiuto;
- sostegno alla diffusione e all'impiego di prodotti che intrinsecamente minimizzino la generazione di rifiuti;
- riduzione dell'immissione di rifiuti verdi ed organici attraverso la valorizzazione dell'auto-compostaggio;
- riduzione della formazione dei rifiuti e della pericolosità degli stessi attraverso l'introduzione di tecnologie pulite nei cicli produttivi.

A tale proposito si deve rilevare che la Giunta comunale di Pisa, nel luglio 1996, nel definire gli indirizzi sulla politica relativa ai rifiuti solidi urbani in vista dell'elaborazione del bilancio di previsione 1997 dell'Azienda Municipalizzata GEA, responsabile del servizio di raccolta e smaltimento RU, aveva determinato che l'Azienda presentasse nel bilancio preventivo anche una programmazione triennale degli interventi e delle iniziative volte alla riduzione della produzione di rifiuti urbani.

• **Raccolta differenziata-riutilizzo, riciclaggio e recupero di materia**

Riprendendo il dato già riportato nel paragrafo relativo alla produzione di rifiuti urbani, illustrato anche nella tabella seguente, risulta che nel Comune di Pisa la percentuale di rifiuti raccolti in modo differenziato è pari al 4,9%, percentuale piuttosto bassa, soprattutto se confrontata con gli obiettivi fissati dal D.Lgs n° 22/97, che richiedono il raggiungimento del 15% entro il 1999, del 25% entro il 2001 e del 35% a partire dal 2003. Oltretutto la stessa Amministrazione Comunale di Pisa, in una determinazione del luglio 1996, si è posta obiettivi di raccolta differenziata ancora più ambiziosi: raggiungimento del 10% di raccolta differenziata e riciclaggio a partire dal 1997, e del 25-30% entro il 1999.

Se si osserva la tabella successiva, si nota comunque un lieve incremento della raccolta differenziata dal 1993 ad oggi: si è infatti passati dal 3,2% al 4,9%. Dai primi dati disponibili relativi al 1997 (mesi da gennaio a maggio) si rileva inoltre un sensibile incremento della raccolta differenziata rispetto agli anni precedenti: la quantità complessiva di rifiuti raccolti in modo differenziato al maggio 1997 è pari a 1.928 tonnellate, che costituiscono il 7,95% in peso del totale dei rifiuti urbani raccolti a tale data.

Raccolta differenziata nel Comune di Pisa

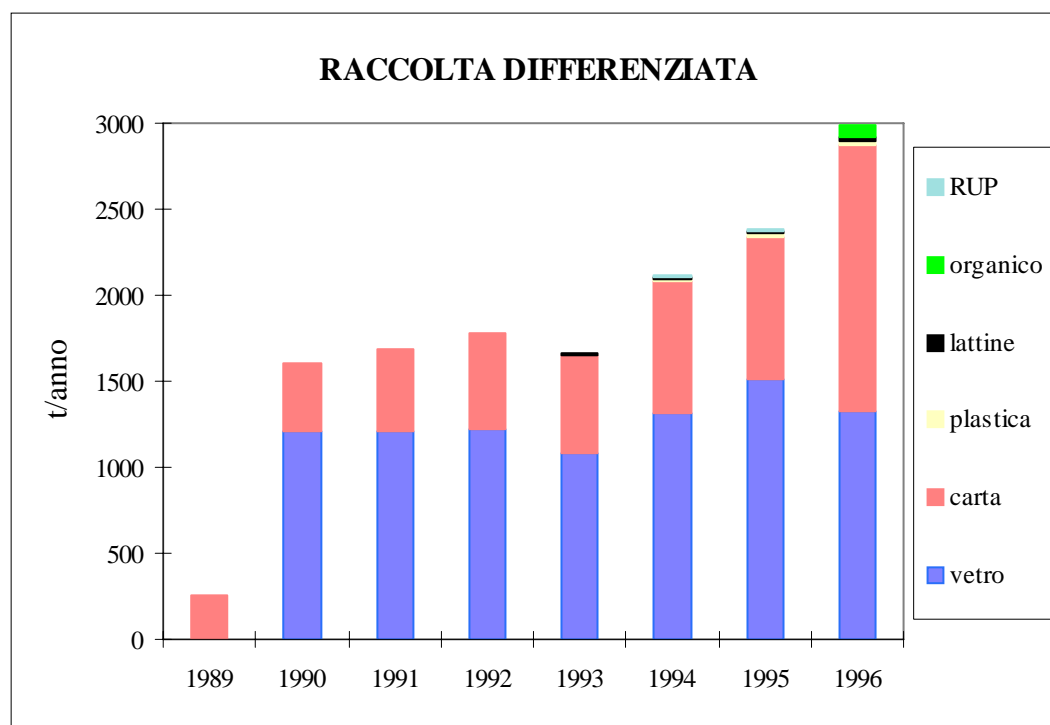
Anno	Racc. Diff. (t/anno)	Racc. Diff. (%)
1993	1.668,4	3,2
1994	2.106,9	3,5
1995	2.376,5	3,9
1996	2.986,0	4,9

I materiali che vengono raccolti in modo differenziato sono il vetro, la carta, la plastica, i rottami ferrosi, l'alluminio, le pile, i farmaci scaduti e in via sperimentale dal 1996 anche l'organico.

Nella tabella e nel grafico successivi viene analizzato l'andamento della raccolta differenziata per le diverse categorie di materiali raccolti, a partire dal 1989, anno in cui nel comune è stata avviata la prima raccolta differenziata della carta.

Raccolta differenziata nel comune di Pisa per tipologia di materiale

Anno	Vetro (t/anno)	Carta (t/anno)	Plastica (t/anno)	Lattine (t/anno)	Organico (t/anno)	TOTALE (t/anno)	RUP (t/anno)
1989	0,0	261,0	0,0	0,0	0,0	261,0	0,0
1990	1.212,0	396,3	0,0	0,0	0,0	1.608,3	0,0
1991	1.207,0	479,8	0,0	0,0	0,0	1.686,8	0,0
1992	1.226,0	555,3	0,0	0,0	0,0	1.781,3	0,0
1993	1.079,0	575,2	0,0	13,9	0,0	1.668,1	0,0
1994	1.317,1	764,8	8,9	16,1	0,0	2.106,9	3,6
1995	1.514,1	823,6	21,0	17,8	0,0	2.376,5	3,6
1996	1.329,0	1.546,0	25,0	20,0	66,0	2.986,0	4,0



Come si può osservare, gli unici materiali per cui la raccolta differenziata presenta valori di un certo rilievo sono la carta e il vetro. In particolare per il vetro, dall'anno in cui è iniziata la raccolta, si è osservato un andamento più o meno costante delle quantità raccolte, che ha però registrato un incremento nel 1995 e un successivo calo nel 1996. Per la carta l'aumento delle quantità raccolte è stato progressivo, con un incremento dell'87,7% tra il 1995 e il 1996, da ricondurre in parte all'avvio della raccolta differenziata di carta e cartoni presso i negozi.

E' interessante confrontare i dati sulle quantità dei diversi materiali raccolte, con la stima delle quantità degli stessi materiali presenti nei rifiuti, riportata in un precedente paragrafo. I risultati del confronto sono illustrati nella tabella seguente.

Confronto tra produzione rifiuti urbani e raccolta differenziata per tipologia di materiale

Materiale	Quantità prodotta* (t/anno)	Raccolta diff. (t/anno)	Raccolta diff. (%)
Organico	20.798,5	66,0	0,3
Vetro e inerti	5.505,5	1.329,0	24,1
Metalli	1.835,2	155,0 [^]	8,4
Materie plastiche	5.505,5	25,0	0,5
Materiale cellulosico	15.904,7	1.546,0	9,7
Sottovaglio	11.622,7	-	-

* valori stimati

[^] ferro e alluminio (per il ferro il dato, relativo al 1996, è stato fornito dalla GEA)

Dal confronto emerge che solo per il vetro la percentuale di materiale raccolto, rispetto alla quantità di questo materiale che si stima essere presente nei rifiuti urbani, è significativa (24,1%). Per la carta (9,7%) e i metalli (8,4%) le percentuali sono comunque di un qualche rilievo, mentre per gli scarti organici e le materie plastiche la percentuale raccolta è del tutto trascurabile.

Per quanto riguarda poi il vetro e la plastica, è interessante fare lo stesso confronto anche con le quantità degli stessi materiali stimate nei rifiuti da imballaggio. Lo stesso calcolo non risulta significativo per la carta, in quanto per questo materiale sicuramente gli imballaggi costituiscono solo una parte del totale raccolto. Per quanto riguarda il vetro, si deve poi tenere presente l'incongruenza tra il dato per i rifiuti da imballaggio e quello per i rifiuti urbani nel complesso, di cui già si è detto nel paragrafo relativo alla composizione merceologica.

Confronto tra produzione rifiuti da imballaggio e raccolta differenziata per tipologia di materiale

Materiale	Quantità prodotta* (t/anno)	Raccolta diff. (t/anno)	Raccolta diff. (%)
Vetro	6.790,1	1.329,0	19,6
Plastica	4.404,4	25,0	0,6

* valori stimati

Se si confrontano le percentuali in tabella con gli obiettivi fissati dal D.Lgs n° 22/97 per il recupero e riciclaggio degli imballaggi (minimo 15% per ogni materiale), si verifica che per il vetro l'obiettivo risulterebbe già raggiunto, mentre per la plastica si è molto lontani dal raggiungerlo.

Sempre in relazione alla raccolta differenziata, si riportano alcune informazioni sul sistema di raccolta, che sono state fornite dall'azienda municipalizzata GEA.

Il sistema di raccolta, per tipologia di materiale, è il seguente:

- vetro: campane monomateriale (n° 274) e multimateriale (n° 21); raccolta presso alcune grandi utenze dal 1996;
- carta: cassonetti, da 3 e 5 mc (n° 174) e raccolta a domicilio nel centro storico (7,1% del totale raccolto);

- plastica: campane multimateriale con il vetro;
- rottami ferrosi: raccolta a domicilio;
- pile: contenitori specifici presso rivenditori e supermercati;
- farmaci scaduti: contenitori specifici presso i distretti sociosanitari e le farmacie.

Per la raccolta del vetro, il rapporto tra abitanti presenti e numero di contenitori disponibili è pari a 392. Per la raccolta della carta tale parametro risulta invece uguale a 663,6. Il valore utilizzato in genere per il dimensionamento dei servizi di raccolta è di 1 contenitore da 2 o 3 mc ogni 400-500 abitanti.

Tutti i materiale raccolti in modo differenziato vengono riciclati (ad esclusione di pile e farmaci scaduti, che vengono smaltiti come rifiuti urbani pericolosi).

Per gli scarti organici, al fine di fornire alcune indicazioni utili per la pianificazione del sistema di raccolta differenziata, si riporta una stima delle quantità potenzialmente raccogliabili in modo differenziato. Tale stima tiene conto delle quantità che possono essere raccolte da grandi utenze non domestiche (calcolate in un precedente paragrafo), delle quantità che possono essere recuperate dalle utenze domestiche (ipotizzando una quantità pro-capite annua di 54,8 kg) e delle quantità che possono essere raccolte dalla manutenzione del verde (ipotizzando una quantità pro-capite annua di 20 kg).

In base a questo calcolo, per il Comune di Pisa si può stimare che la quantità di scarti organici raccogliabili in modo differenziato ammonti a 12.257 t/anno, corrispondente al 20% dei rifiuti urbani complessivamente prodotti. La realizzazione di un sistema di raccolta differenziata dell'organico che preveda la raccolta presso le grandi utenze, la raccolta degli scarti di manutenzione del verde e la raccolta presso le utenze domestiche potrebbe dunque consentire di raggiungere il 20% di raccolta differenziata.

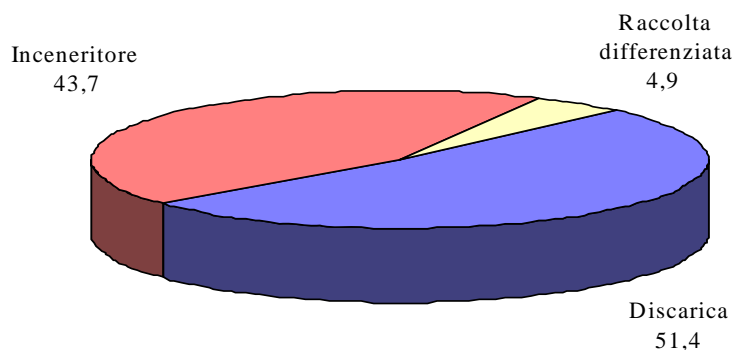
La ripartizione delle quantità di scarti organici che potrebbero essere raccolte in modo differenziato nei diversi settori urbani è illustrata nella Tavola riportata in allegato.

• **Smaltimento dei Rifiuti Urbani**

Dai dati forniti dal Comune di Pisa, risulta che, della quantità totale di Rifiuti Urbani prodotti, il 43,7% viene smaltito nell'inceneritore presente sul territorio comunale (Ospedaletto) e il 51,4% viene smaltito in discariche situate in altri comuni della Provincia. La restante parte (4,9%), come già detto, viene raccolta in modo differenziato e di conseguenza riciclata. Attualmente l'impianto di termodistruzione non effettua in alcuna forma il recupero energetico.

Modalità di smaltimento dei Rifiuti Urbani prodotti nel Comune di Pisa

Anno	Discarica (t/anno)	Inceneritore (t/anno)	Racc. diff. (t/anno)	TOTALE (t/anno)
1993	36.726,0	13.060,0	1.668,4	51.454,4
1994	28.214,2	30.241,1	2.107,0	60.562,3
1995	27.629,0	30.844,0	2.376,7	60.849,7
1996	31.420,8	26.756,6	2.986,0	61.163,4



Le modalità di smaltimento dei rifiuti urbani nel Comune di Pisa allo stato attuale non risultano ancora in linea con la strategia delineata in materia dal D.Lgs n° 22/97.

Risulta rispettato il principio di autosufficienza per Ambito Territoriale Ottimale (benché ancora non sia stato individuato l'ATO, che per queste considerazioni ipotizziamo coincidente con la Provincia), dal momento che oltre il 50% dei rifiuti viene smaltito nel territorio comunale, e la restante parte in discariche ubicate nei comuni limitrofi.

La quantità di rifiuti avviati in discarica risulta però troppo elevata, e non comprende solo rifiuti inerti o rifiuti che residuano dalle operazioni di riciclaggio, recupero e smaltimento, come richiederebbe il decreto (con decorrenza però dal 1 gennaio 2000). Inoltre nell'impianto di incenerimento il processo di combustione non è accompagnato da recupero energetico.

- **Smaltimento dei rifiuti di origine industriale**

Per quanto riguarda i rifiuti di origine industriale, dai dati forniti dalla Provincia di Pisa (Catasto Rifiuti del 1993) risulta che la quasi totalità viene smaltita fuori dal territorio comunale. Tuttavia dai dati elaborati non è stato possibile ricostruire i flussi, né individuare con esattezza le modalità di smaltimento di tali rifiuti.

- **Efficienza impianto di termodistruzione**

Questo tematismo viene preso in considerazione tra gli indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento in relazione ai sistemi di controllo e abbattimento delle emissioni in atmosfera e all'efficienza del recupero energetico dalla termodistruzione.

Per quanto riguarda il recupero energetico, si è già detto che attualmente non viene praticato in alcuna forma. Nel presente paragrafo verranno pertanto fornite solo le informazioni relative ai sistemi di controllo e abbattimento delle emissioni in atmosfera.

L'impianto di abbattimento dei fumi in funzione presso l'impianto funziona con le seguenti modalità: i fumi, dopo aver sostato in camera di post-combustione, vengono raffreddati per la produzione di vapore, attualmente impiegato solo per uso interno. In seguito passano attraverso due precipitatori elettrostatici, montati in parallelo, dove avviene la precipitazione delle particelle volatili costituenti le ceneri di combustione. Passano poi in due scrubber a umido (torri di lavaggio), anch'essi montati in parallelo, dove vengono lavati con una soluzione di acqua e soda per neutralizzare l'acido cloridrico che si forma durante il processo di combustione. Vengono quindi ulteriormente raffreddati e inviati al camino per l'emissione in atmosfera. L'impianto è dotato di un sistema di registrazione in continuo dei dati di emissione.

2.2.6. Sistema suolo e sottosuolo

Indicatori di pressione

- **Superficie urbanizzata**

Dai dati del Censimento ISTAT Agricoltura 1990 la superficie urbanizzata risulta pari a 2.487 ettari.

Per fornire alcune informazioni relative alle caratteristiche della superficie urbanizzata, nelle tabelle successive si riportano alcuni dati, rilevati nel Censimento ISTAT popolazione del 1991, relativi alle abitazioni e alle attività produttive.

Abitazioni presenti sul territorio comunale per specie di alloggio.

Abitazioni per specie di alloggio	n° abitazioni	%
Abitazioni occupate	37.178	84,1
Altro tipo di alloggio occupato	392	0,9
Abitazioni non occupate utilizzate per vacanza	923	2,1
Abitazioni non occupate utilizzate per lavoro e/o studio	2.424	5,5
Abitazioni non occupate utilizzate per altri motivi	917	2,1
Abitazioni non occupate e non utilizzate	2.385	5,4
TOTALE ABITAZIONI	44.219	100,0

Numero dei piani fuori terra del fabbricato in cui è situata l'abitazione (compreso il seminterrato e il piano terra).

Numero di piani	n° abitazioni
1 piano	4.409
2 piani	11.348
Da 3 a 5 piani	22.668
Da 6 a 10 piani	5.362
Oltre 10 piani	40
Dato non indicato	946

Anno di costruzione del fabbricato in cui è situata l'abitazione

Anno di costruzione	n° abitazioni
Prima del 1919	8.115
Fra il 1919 e il 1945	4.459
Fra il 1946 e il 1960	1.043
Fra il 1961 e il 1971	1.025
Fra il 1972 e il 1981	6.981
Dopo il 1981	3.586
Dato non indicato	946

Attività edilizia dal 1993 al 1995

Anno	Fabbricati residenziali			Fabbricati non resid.			Abitazioni		
	Nuova costr.		Ampliam	Nuova costr.		Ampliam.	Nei fabbricati.		Totale
	N°	volum e	volume	N°	volume	volume	residen.	non resid.	N°
1993	17	34.757	463	6	196.344	0	132	3	135
1994	28	73.675	2.428	7	1.299.940	30.164	220	1	221
1995	7	15.258	0	3	122.271	0	59	2	61

Superficie coperta e scoperta delle attività produttive, per categoria di attività

Settore attività	N° attività	Sup. coperta (mq.)	Sup. scoperta (mq.)
Agricoltura	29	10.801	60.864
Industria:			
Alimentari	70	9.787	6.970
Tessili	55	5.226	910
Concia e cuoio	11	2.314	700
Legno e mobili	101	41.795	34.436
Carta	1	3.800	4.200
Editoria e stampa	71	9.944	3.935
Industria chimica	28	87.348	145.697
Minerali non metalliferi	36	208.370	306.107
Minerali metallici	67	43.208	104.119
Meccaniche	139	45.504	78.762
Servizi ambientali	11	28.689	54.348
Costruzioni	452	58.642	294.580
Totale industria	1.042	544.627	1.034.764
Servizi*:			
Commercio	2.676	273.385	227.683
Alberghi e ristoranti	529	122.468	329.359
Trasporti	180	100.901	776.218
Servizi	1.846	209.065	166.865
Poste e telecomunicazioni	43	43.451	105.313
Pubblica amministrazione	97	66.271	84.679
Istruzione	250	272.595	212.393
Sanità e altri servizi sociali	547	221.485	392.240
Smaltimento dei rifiuti solidi, delle acque di scarico e simili	18	18.033	176.211
Attività associative e ricreative	415	155.868	726.859
Totale servizi	6.601	1.483.522	3.197.820
TOTALE	8.714	2.583.577	5.328.212

* per queste categorie di attività si deve tenere presente l'incidenza degli edifici multipiano: la superficie coperta complessiva risulta sicuramente superiore alla superficie di suolo occupata.

- **Indice di impermeabilizzazione**

Al fine di valutare gli effetti dell'urbanizzazione sui livelli di permeabilità del suolo, un parametro utile da considerare è l'indice di impermeabilizzazione, dato dal rapporto tra la superficie urbanizzata e la superficie territoriale complessiva del Comune.

Per il Comune di Pisa tale indice risulta pari a 0,13; questo significa che il 13% circa della superficie territoriale risulta impermeabilizzato.

Per avere un'indicazione più significativa sul livello di impermeabilizzazione del suolo sarebbe importante valutare la distribuzione territoriale dell'indice di impermeabilizzazione, calcolando tale indice per ogni sezione di censimento del Comune di Pisa.

Purtroppo, allo stato attuale, tale calcolo non risulta possibile in quanto non è nota la superficie urbanizzata per ogni sezione di censimento.

- **Potenziali veicoli di contaminazione**

Tra i potenziali veicoli di contaminazione presenti sul territorio comunale si prendono innanzitutto in considerazione i siti da bonificare.

Il Piano regionale di bonifica delle aree inquinate prevedeva nel territorio del Comune di Pisa i seguenti siti, suddivisi per classi:

1. breve termine (siti per i quali erano già individuabili le linee delle azioni di bonifica o quelli per i quali occorrono ulteriori indagini, pur costituendo comunque siti da bonificare):
 - PI09, Ospedaletto, ex discarica di rifiuti urbani, sito di massima urgenza;
2. medio termine (siti nei quali si è registrato un volume di rifiuti da asportare inferiore ai 1.000 mc):
 - PI46, Toscana Glass, discarica;
 - PI56, Nuova SANAC, area industriale dismessa;
 - PI57, ex Laboratorio Farmaceutico Conti, area industriale dismessa;
 - PI69, ex Motofides, Bocca d'Arno, area industriale dismessa;
3. esclusi (siti che non necessitano di bonifica):
 - PI59, ex Istituto Opoterapico, area industriale dismessa;
4. non accessibili (siti per i quali non è stato possibile effettuare il sopralluogo):
 - PI58, Farmabiagini, area industriale dismessa.

Il Piano regionale di bonifica è attualmente in fase di aggiornamento: l'Arpat, su incarico della Regione Toscana, sta infatti svolgendo la verifica dei siti da bonificare ai fini di una loro riclassificazione.

I dati forniti dall'Ufficio Ambiente del Comune per l'aggiornamento del Piano sono di seguito riportati:

- PI59: l'area industriale dismessa dell'ex Istituto Opoterapico, che comunque era già stata esclusa dal Piano, risulta già riutilizzata;
- PI09: l'ex discarica rifiuti urbani di Ospedaletto, inserita tra gli interventi urgenti, costituisce una delle emergenze ambientali del territorio comunale; attualmente è stato predisposto il Piano di indagine preliminare;
- PI56: per l'area industriale dismessa Nuova SANAC è stato predisposto il piano di indagine preliminare;
- PI57: per l'area industriale dismessa Laboratorio Conti la bonifica risulta conclusa;
- PI58: per l'area industriale dismessa Farmabiagini il piano di bonifica risulta già attuato;
- PI46: la discarica del sito Toscana Glass è stata esclusa con decreto del Dirigente responsabile in data 21/12/1995;
- PI69: per l'area industriale dismessa Motofides è stato predisposto il piano di indagine preliminare.

Oltre ai siti da bonificare, tra i potenziali veicoli di contaminazione del suolo e sottosuolo devono essere considerati i siti di stoccaggio dei rifiuti di origine industriale. Dai dati del Catasto Rifiuti 1993, forniti dalla Provincia di Pisa, risulta che sul territorio del Comune di Pisa sono presenti 369 siti di stoccaggio provvisorio dei rifiuti, ubicati presso gli impianti di produzione dei rifiuti stessi, per una giacenza annua complessiva di 1.557 tonnellate e 30.145 mc. Le caratteristiche dei siti sono sinteticamente descritte nella tabella che segue. Oltre ai siti di stoccaggio provvisorio presso le imprese produttrici, sempre in base ai dati del 1993, risultano presenti sul territorio comunale 6 siti di stoccaggio provvisorio conto terzi, che smaltiscono complessivamente 1.209 t/anno di rifiuti di origine industriale.

Siti di stoccaggio provvisorio dei rifiuti di origine industriale, 1993.

Modalità di stoccaggio	Giacenza (t/anno)	Giacenza* (mc/anno)	N° siti
Coperto su pavimento con drenaggio	2,5	0	10
Coperto su pavimento senza drenaggio	20,0	3,7	96
Coperto su terreno	43,9	1	61
Scoperto su pavimento con drenaggio	243,6	0	4
Scoperto su pavimento senza drenaggio	29,4	0	11
Scoperto su terreno	222,0	30,120,0	25
Non indicato	995,4	20,7	207

* da considerare in aggiunta alla giacenza espressa in t/anno

Tra i potenziali veicoli di contaminazione sono infine da considerare anche gli scarichi abusivi di rifiuti, per i quali tuttavia non esiste un censimento.

Per la sola area industriale ed artigianale di Ospedaletto, caratterizzata dalla presenza di un numero elevato di scarichi abusivi di materiali prevalentemente inerti, è stato predisposto dall'Azienda Municipalizzata GEA un Progetto di risanamento. In base a tale Progetto nell'area risultano essere presenti, al maggio 1996, 22 scarichi abusivi, con una volumetria complessiva stimata di terra, inerti e rifiuti assimilabili, rispettivamente di 19.087 mc, 35.126 mc e 481 tonnellate.

- **Cave**

Nel Comune di Pisa non viene attualmente svolta alcuna attività estrattiva. Sono tuttavia presenti sul territorio alcune cave inattive²¹, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella di seguito riportata.

Località	Litologia	Utilizzo	Vincolo idrog.	Vincolo Paesag.
Putignano	sabbia	inerti	no	si
Riglione	sabbia	inerti	no	no
Putignano	sabbia	inerti	no	si
S. Giovanni al Gatano	argilla	industriale	no	no
S. Piero a Grado	sabbia	inerti	no	si
Riglione	sabbia	inerti	no	si
Tombolo	sabbia	inerti	no	si
Tombolo	sabbia	inerti	no	si
Tombolo	sabbia	inerti	no	si
Coltano	argilla	industriale	no	si
Tombolo	sabbia	inerti	no	si

Indicatori di stato

- **Geologia e morfologia**²²²³

Il territorio del Comune di Pisa si estende in un'area di pianura limitata a Nord dal Fiume Morto e dal Fiume Morto Vecchio, a Ovest da una serie di canali che comprendono il

²¹Autorità di Bacino del Fiume Arno (Ed.), Attività estrattiva nel Bacino dell'Arno, 1994.

²²Mazzanti R. (Ed.), La Pianura di Pisa ed i rilievi contermini, Provincia di Pisa, Pisa, pg. 491,1994.

²³Mazzanti R., Grifoni Cremonesi R., Pasquinucci M. e Pult Quaglia A.M. (Eds), Terre e Paduli. Reperti, documenti, immagini per la storia di Coltano. Bandecchi e Vivaldi, Pontedera (Pi), Pg. 326, 1986.

Canale Demaniale di Ripafratta, il Fosso dei Sei Comuni, il Nugolaio di Ceria (Acque Alte e Acque Basse), la zona compresa fra il Fosso e Antifosso del Torale, il Fosso Caligi, a Sud dall'allineamento Fossa Chiara-Scolmatore, ad Est dalla linea di costa del mare.

Esso si colloca, per la maggior parte della sua estensione, nella porzione terminale del bacino idrografico del Fiume Arno (Valdarno Inferiore), mentre una piccola parte del territorio, posta al margine settentrionale del Comune compresa fra il Fiume Morto Vecchio a Nord, il Fiume Morto a Sud e la linea di costa a Ovest, fa parte del bacino idrografico del Fiume Serchio.

La pianura nel territorio comunale si presenta con andamento quasi orizzontale, con pochissima inclinazione verso il mare. Dal punto di vista altimetrico le quote variano da valori inferiori a -1 m s.l.m. fino a valori di circa 8-9 m s.l.m. Le zone morfologicamente più elevate sono le dune costiere attuali (con quote fino a 4-5 m s.l.m.), le dune quaternarie di Castagnolo-Coltano (con quote fino a 8-9 m s.l.m.) e la fascia di conoide dell'Arno che si protrae a ventaglio fino all'altezza di Barbaricina, a valle della città di Pisa, con quote, nelle zone più elevate, fino a circa 8 m s.l.m. Le zone morfologicamente più depresse sono quelle che circondano l'allineamento Castagnolo-Coltano ai relativi margini settentrionali e meridionali (con quote inferiori a -1 m s.l.m.), aree attualmente interessate dalle bonifiche di Coltano e della Vettola.

La pianura di Pisa è stata originata in seguito allo sprofondamento, dell'ordine dei migliaia di metri, di un bacino che si è formato in seguito alla azione distensiva di faglie dirette. La depressione corrispondente alla pianura pisana si è creata in presenza di un sollevamento generale dei rilievi montuosi formati in seguito alle fasi parossismali del corrugamento dell'Orogene Appenninico ed è stata progressivamente interessata dalla deposizione di sedimenti marini e fluvio-lacustri a partire dal Miocene superiore.

Il sottosuolo della pianura di Pisa, dai dati desunti da sondaggi profondi e dalla letteratura²⁴, può essere schematicamente suddiviso in tre parti:

Il substrato profondo, che comprende le formazioni della serie toscana e probabilmente, ad ovest di Pisa, anche le formazioni dell'Alloctono ligure, è stato individuato in vari sondaggi profondi. I materiali che lo compongono presentano una risposta diversa alle indagini geofisiche rispetto ai substrati intermedio e superiore. La profondità del tetto è stata riscontrata da un minimo di 500 m ai piedi dei Monti Pisani fino a circa 2000 m lungo la costa. Nella zona di Pisa le isobate del tetto di questi terreni sono alla profondità di circa 1000 m.

Il substrato intermedio è costituito da sedimenti neoautoctoni la cui deposizione ha un inizio variabile da zona a zona, ma non è anteriore al Miocene superiore. Si tratta di sedimenti depositi in presenza di una subsidenza di origine tettonica. La successione inizia alla base con sabbie e conglomerati a cui seguono argille lagunari sormontate da gessi la cui deposizione viene fatta coincidere con la interruzione delle comunicazioni tra il Mediterraneo e l'oceano Atlantico. Al di sopra dei gessi si ritrovano sabbie e poi argille azzurre di facies francamente marina cui seguono alternanze di argille e sabbie fino al Pleistocene inferiore.

Il substrato superiore è formato da sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore che si sono depositi in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi il cui trasporto solido cambiava sia nella sua entità che nella granulometria più o meno fine dei clasti, in seguito alle variazioni del clima.

Al substrato superiore appartiene la Formazione dei Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina. Questi ultimi sono presenti uniformemente nel sottosuolo Pisano e si trovano

²⁴Della Rocca R., Mazzanti R., e Pranzini E., Studio geomorfologico della Pianura di Pisa (Toscana). Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, pp. 56-84, 1987.

a circa 50 m di profondità presso Cascina fino a raggiungere i 145 m di profondità nella zona di Pisa. I conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina sono costituiti da ciottoli delle formazioni affioranti sui monti pisani e sono sede di un acquifero importante attualmente molto sfruttato. Al di sopra di questa formazione si trova un livello di "Limi fluvio-palustri del sottosuolo" corrispondenti ad una fase di più limitata attività fluviale probabilmente legata ad un cambiamento del clima in senso più arido al quale sarebbe poi legata la deposizione delle dune delle sabbie eoliche dell'isola di Coltano. La deposizione di queste sabbie è seguita da quella dei "Limi fluvio-palustri di superficie" che sono stati depositi dalle esondazioni dell'Arno e da corsi d'acqua minori che provenendo dai monti Pisani spesso si impaludavano nella pianura fino ad epoche storiche.

- **Geomorfologia e geotecnica**

Dal punto di vista geomorfologico l'andamento quasi completamente pianeggiante dell'area non comporta problemi di franosità, mentre per quanto riguarda l'aspetto geotecnico le zone costituite da litotipi sabbiosi non presentano problemi di cedimenti e cedimenti differenziali, che invece possono sorgere nelle aree composte da argille, limi e limi sabbiosi. Per quanto riguarda la porzione argillosa e limosa della pianura di Pisa, sulla quale è stata costruita la città stessa, la stratigrafia dei primi metri di terreno può essere suddivisa dal punto di vista geotecnico in due strati distinti. Il primo orizzonte più superficiale è caratterizzato da argille e limi di colore bruno-giallastro preconsolidati, con buone garanzie sia dal punto di vista della capacità portante che dei cedimenti del terreno stesso. Al di sotto si trovano generalmente argille grigio azzurre plastiche che contengono al loro interno lenti sabbiose più o meno spesse. Queste argille, sono normalmente consolidate e quindi più suscettibili ai cedimenti in quanto la loro compressibilità è piuttosto elevata. Frequentemente, all'interno di questo orizzonte si trovano strati di torba. In alcune aree localizzate, sia nelle zone urbanizzate sia più estesamente nelle zone extraurbane, quest'ultimo litotipo è affiorante o sub affiorante.

Nella parte settentrionale, a Campaldo ed in alcune aree lungo il Fiume Morto, le argille plastiche compressibili si trovano a profondità comprese tra i 2 m dal p.c. Per quanto riguarda le aree urbane le argille plastiche si trovano a profondità comprese tra 0 e 2 m dal piano di campagna in una fascia che va da una piccola zona ad est di Barbaricina in prossimità della via Aurelia alla zona dell'Ospedale di S. Chiara, della Torre Pendente fino a Piazza S. Caterina. Anche in località San Cataldo il tetto delle argille compressibili si trova a profondità comprese tra 1 e 2 m. Nella zona di Cisanello le argille plastiche affiorano direttamente sul terreno nell'area dell'Ospedale, mentre più a sud, a San Biagio, tali argille sono state individuate alla profondità di 1 m.

Nella parte meridionale, ad est della Vettola, alcuni sondaggi, effettuati in prossimità dell'Arno, hanno individuato il tetto delle argille plastiche compressibili alla profondità di 2 m dal piano di campagna. Nell'area del Gracitone, le argille plastiche si trovano poco al di sotto del piano di campagna a profondità comprese tra 1 m e 2 m. In prossimità del limite comunale più orientale, in una piccola area ad est della zona industriale di Ospedaletto, il tetto delle argille compressibili è stato localizzato alla profondità di 1,5 m. Nelle zone di bonifica recenti, come l'ampia zona a nord della antica duna di Coltano, delle Rene, Mortellini e Le Prata e più a nord la zona dell'aeroporto, le argille plastiche sono affioranti o subaffioranti, come anche ad est della duna di Coltano, nell'area della tenuta dei Prati di Montacchiello e nella zona a nord dello stabilimento dell'Acqua Donata. La stessa situazione si ritrova nella zona del padule di Stagno che si trova a sud della duna sabbiosa di Coltano.

Un'altra problematica molto importante è rappresentata dall'*erosione costiera*²⁵ che agisce su tutto il litorale pisano ad eccezione del tratto Calambrone - Tirrenia, che è invece in fase di lento accrescimento. La dinamica costiera è attualmente controllata dall'andamento delle correnti lungo costa che, a partire dalla foce dell'Arno, divergono verso Nord nel tratto settentrionale e verso Sud nel tratto meridionale e dalla presenza di opere artificiali che si prolungano verso mare (scogliere, moli). Queste opere contrastano la tendenza evolutiva naturale, instauratasi a metà dell'800 quando diminuisce l'apporto solido dell'Arno, che porterebbe ad una generale rettificazione della linea di costa con smantellamento completo dell'apparato deltizio. Gli effetti di queste opere sono molto evidenti lungo il litorale settentrionale, dove i manufatti presenti (Moli della foce del Fiume Morto, scogliere del Gombo, foce d'Arno) determinano aree di erosione accelerata nel tratto immediatamente a Nord (5-7m/anno), mentre sono visibili segni di ripascimento o stabilizzazione nei tratti a Sud. L'abitato di Marina ha resistito in parte all'azione di smantellamento del delta solo grazie alle scogliere di difesa costruite a fine 800. A Sud di Marina si nota un unico breve tratto in erosione nella zona settentrionale di Tirrenia. Questo fatto è probabilmente dovuto alle stesse opere di difesa di Marina che trattengono i sedimenti i quali in questo tratto sono trasportati da correnti dirette da Nord verso Sud. La tendenza a spingere sempre più verso Sud le scogliere determinerà una migrazione progressiva, nella stessa direzione, dell'erosione probabilmente fino al punto in cui potrebbe essere bilanciata dalla sedimentazione (Calambrone - Livorno).

• **Idrografia e idrologia**²⁶²⁷

Il sistema idraulico dell'Arno. Il principale corso d'acqua che interessa il territorio comunale è il Fiume Arno, che lo attraversa trasversalmente da Est verso Ovest, per una lunghezza di circa 16 Km. L'Arno entra nel territorio comunale all'altezza del meandro di Cisanello e, dopo avere attraversato la zona golenale della Cella (circa 2.5 Km), passa nel tratto urbano di Pisa, proseguendo verso la foce con un andamento rettilineo secondo la direzione NE-SW, fino a girare e disporsi E-W circa 3.5 Km prima dello sbocco in mare. Il fiume Arno è pensile sulla pianura circostante fino a valle di "La Vettola", cioè allo sbocco del conoide altimetricamente più elevato, costituito dai depositi limoso-sabbiosi del fiume.

L'asta dell'Arno corre, per tutto il territorio del Comune di Pisa, all'interno della fascia golenale di prima pertinenza fluviale, situata internamente agli argini. Questa fascia, che ha la massima larghezza in corrispondenza della golenale di "La Cella" nei pressi di Putignano in sinistra del fiume (circa 350 m nel tratto più largo della golenale, in corrispondenza della Sezione n. 117 del Servizio Idrografico - cfr. allegato), si restringe bruscamente fino a diventare totalmente assente nel tratto che attraversa la città di Pisa. In corrispondenza dell'entrata dell'Arno nel tratto urbano (poco prima del Ponte della Vittoria), l'asta fluviale presenta, inoltre, una curva molto accentuata. Dopo il Ponte dell'Aurelia, oltrepassata la città, riprende la fascia golenale, la quale continua fino allo sbocco in mare (in realtà, essa si interrompe circa 2.5 Km prima della foce sul lato destro del fiume).

²⁵Autorità di Bacino del Fiume Arno e Autorità di Bacino sperimentale del Fiume Serchio (Eds), L'evoluzione e la dinamica del litorale prospiciente i bacini dell'Arno e del Serchio e i problemi di erosione della costa. Contributo conoscitivo all'elaborazione del Piano di Bacino, Quaderno n° 3, Pisa, pg. 176, 1994.

²⁶Autorità di Bacino del Fiume Arno (Ed), Rischio idraulico nel Bacino dell'Arno. Contributo conoscitivo all'elaborazione del Piano di Bacino, Quaderno n° 3, Pisa, pg. 116, 1994.

²⁷Fiaschi R., Le Magistrature Pisane delle Acque, Nistri Lischi Editori, Pisa, 1938.

L'unico apporto di acque che riceve l'Arno nell'ambito del territorio comunale è rappresentato da quelle del "Canale Demaniale di Ripafratta", il quale deriva quelle del Serchio e le fa confluire nell'Arno subito a monte del Ponte della Fortezza. In questo punto è presente un sistema di cateratte che vengono chiuse quando l'Arno è in piena.

Il *sistema della bonifica*: la pianura di Pisa è servita, per lo scolo delle acque meteoriche, da un reticolo idraulico che si articola in canali, in parte tra loro comunicanti,

I canali di questo reticolo idraulico e i bacini che essi sottendono, appartengono, come già accennato, a 2 sistemi tra loro separati, che sono:

- il sistema delle bonifiche a scolo naturale;
- il sistema delle bonifiche a scolo meccanico.

Il sistema a "scolo naturale" (o di "acque alte") smaltisce le acque meteoriche che provengono da zone morfologicamente più alte (zone di collina e dei Monti Pisani per il settore a Nord dell'Arno e le acque della piana di Cascina per la parte a Sud dell'Arno). Il sistema a "scolo meccanico" (o di "acque basse") smaltisce, attraverso un prosciugamento per esaurimento meccanico con sollevamento all'impianto idrovoro, le acque meteoriche che ristagnano nelle parti del territorio morfologicamente più depresse, comprese le acque di falda che, localmente, sgorgano direttamente dal terreno.

Sia le acque a scolo naturale che quelle a scolo meccanico vengono immesse (le prime per deflusso naturale, le seconde per sollevamento meccanico) in canali ricettori detti di "acque medie": infatti, per ricevere, devono avere una quota intermedia fra il sistema di acque alte e quello di acque basse.

La bonifica idraulica per prosciugamento meccanico ha quindi la funzione sia di allontanare le acque superflue sia quelle che possono ristagnare, ma ha anche la funzione di impedire che la quota della falda freatica sia troppo vicina alla superficie del terreno, così da recare danno alle culture agricole.

Tutto il sistema di bonifica è, ovviamente, completamente separato dal sistema idraulico dell'Arno.

Il reticolo idraulico, progettato per bonificare la bassa piana pisana, riceve anche i reflui trattati e non, provenienti dalle aree urbane. In assenza di efficaci sistemi di depurazione, questi due sistemi dovrebbero essere mantenuti separati con apposite linee d'acqua, riducendo quindi anche il rischio di allagamenti per sottodimensionamento delle sezioni idrauliche.

• **Idrogeologia**

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici di seguito viene riportata una sintetica descrizione dei litotipi e del loro tipo e grado di permeabilità relativa²⁸²⁹. Procedendo dalla costa verso l'interno (da Ovest verso Est) sono presenti:

- sabbie delle spiagge attuali, permeabilità primaria da elevata a mediocre;
- sabbie eoliche dei lidi e delle dune litoranee, permeabilità primaria da mediocre a bassa;
- depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata, permeabilità primaria da bassa a molto bassa;
- depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi-limosi, permeabilità primaria da mediocre a bassa;

²⁸Baldacci F., Bellini L. e Raggi G., Le risorse idriche sotterranee della Pianura di Pisa, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Serie (A), 101, pp. 241-322, 1994.

²⁹Carratori L., Ceccarelli Lemut M.L., Frattelli Fischer L., Garzella G., Greco G., Grifono Cremonesi R., Mazzanti R., Morelli P., Nencini C., Pasquinucci M., Pescaglini Monti R., Pult Quaglia A.M., Rau A., Ronzani M. e Tozzi C., Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei rilievi contermini. Selca, Firenze, 1991.

– depositi di origine eolica, sabbiosi (“Sabbie dell’Isola di Coltano”), permeabilità primaria da mediocre a bassa.

Nel sottosuolo oltre ad alcuni fra i sedimenti precedentemente descritti sono presenti anche depositi alluvionali e fluvio-lacustri, ciottolosi-ghiaiosi-sabbiosi a permeabilità primaria variabile tra elevata e bassa, conosciuti in letteratura con il nome di “conglomerati dell’Arno e del Serchio da Bientina”.

Da un punto di vista litostratigrafico la situazione si presenta complicata, a causa di un alternanza di sedimenti di ambiente continentale e di ambiente marino, di forma spesso lenticolare, che ha permesso la formazione di un sistema acquifero multistrato.

Sulla base di questa considerazione, la successione idrostratigrafica del sottosuolo del territorio comunale di Pisa può essere così sintetizzata:

1. *complesso sistema acquifero di tipo freatico*, presente in modo più o meno continuo sull’intero territorio comunale, che ha sede nei sedimenti limoso-sabbiosi, possiede uno spessore di qualche metro e comprende alcune limitate falde sospese spesso semi-freatiche;
2. *orizzonte acquifero, contenuto in sedimenti prevalentemente sabbiosi*, esteso per gran parte del territorio comunale. Gli spessori sono estremamente variabili con massimi intorno a 130 m in corrispondenza degli apparati dunari antichi della zona a Nord dell’Arno, mentre diminuiscono lungo la fascia costiera nell’area a Sud dell’Arno fino a circa 10 m in corrispondenza della zona di Calambrone. La profondità del tetto delle sabbie è variabile, raggiunge un valore massimo di circa 50 m in corrispondenza della periferia nord-orientale di Pisa e diminuisce progressivamente verso la fascia costiera, dove l’acquifero sabbioso si raccorda alle dune costiere attuali ed antiche (Coltano), che funzionano, pertanto, da aree di alimentazione con falda a pelo libero. Nella zona a NW della città sono presenti alcune aree depresse orientate NW-SE e SW-NE. Nell’area a SE di Pisa il tetto sabbioso si mantiene a profondità comprese tra 30 e 40 m e presenta un andamento poco uniforme: in particolare si nota una depressione in corrispondenza dell’area di Ospedaletto. Nella zona ad Ovest di Pisa i livelli sabbiosi di questo orizzonte acquifero sono molto articolati e sono collegati, anche se non in maniera continua, con gli acquiferi del sottostante orizzonte (zona di Coltano);
3. *importante orizzonte acquifero costituito da depositi di origine alluvionale composti da livelli ciottolosi e ghiaiosi separati da strati a prevalentemente composizione sabbiosa*. Il livello stratigraficamente più elevato possiede una notevole estensione ed uno spessore variabile che raggiunge un massimo di oltre 10 m nella fascia meridionale della pianura pisana. La profondità del suo tetto è dell’ordine di 30- 40 m, raggiungendo il valore di circa 150 m in corrispondenza del centro urbano di Pisa.

Tra i vari livelli acquiferi descritti esistono eteropie e discontinuità verticali che in alcune zone permettono i collegamenti idraulici specialmente tra i due principali acquiferi artesiani, il primo orizzonte sabbioso ed il primo orizzonte ghiaioso, che comunque ospitano le principali falde della pianura.

Le risorse per l’approvvigionamento idrico presenti sul territorio comunale sono costituite dai tre orizzonti acquiferi descritti nel paragrafo precedente. L’importanza di ciascuno di loro dipende dalla quantità e qualità dell’acqua immagazzinata, nonché dalla quantità e dall’uso dell’acqua emunta.

Sulla base di queste considerazioni sarà possibile analizzare la vulnerabilità di ognuno dei tre orizzonti: acquifero artesiano in ghiaia, acquifero artesiano in sabbia e acquifero freatico.

Acquifero artesiano in ghiaia: l’acquifero artesiano in ghiaia rappresenta la falda più importante, per le sue caratteristiche litologico-tessiture, di permeabilità, di quantità e

qualità di acqua immagazzinata, e soprattutto perché costituisce l'unico orizzonte che i pochi pozzi del territorio comunale sfruttano per un approvvigionamento a scopi idropotabili. L'andamento piezometrico³⁰ di questa falda mostra una serie di massimi e minimi in relazione all'entità del pompaggio. E' evidente un rapido abbassamento lungo la zona costiera fino ad un massimo di -4 m s.l.m. ed una tendenza alla risalita verso Est. Un altro minimo relativo, legato all'emungimento, è ubicato a Sud del centro urbano di Pisa, mentre verso Ovest, dove l'entità dei pompaggi diminuisce sensibilmente, la superficie tende a risalire.

Dopo una prima analisi in cui non sono ancora stati valutati tutti i dati a disposizione, questo livello acquifero risulta scarsamente vulnerabile almeno per la parte che ricade nel territorio del Comune di Pisa. Tale vantaggio deriva dalla profondità alla quale si trova il tetto della falda, dalla presenza di livelli relativamente impermeabili in posizione sovrastante, e soprattutto dalla mancanza, nel territorio comunale, di una zona di ricarica, se si esclude il limitato collegamento con l'acquifero superiore presente nelle sabbie che, nella zona di Coltano, ospitano una falda a pelo libero.

Acquifero artesiano in sabbia: l'acquifero artesiano in sabbia, dai dati a nostra disposizione e finora elaborati, risulta sfruttato attraverso l'emungimento da almeno una trentina di pozzi ubicati sul territorio comunale. Alcuni dati di letteratura³¹ mettono in evidenza che l'andamento della geometria della superficie piezometrica è caratterizzato da un'ampia depressione allungata nella zona a S di Pisa, che tende a risalire verso NE in direzione dei Monti Pisani dove ha sede la ricarica principale della falda. Le analisi chimiche elaborate nel lavoro citato hanno inoltre evidenziato la presenza di due zone, una ubicata a NW e l'altra a N della città, in cui le acque risultano di tipo clorurato-alcaline e sono caratterizzate da alti valori di conducibilità elettrica.

L'analisi della vulnerabilità di questa falda è ancora in uno stato preliminare anche se a questo punto del lavoro è già possibile fare alcune considerazioni.

La falda in sabbia ha generali caratteristiche di artesianità e quindi è in buona parte protetta dalla presenza di strati superiori composti da litotipi relativamente impermeabili, risulta, invece, esposta in quelle zone dove avviene la sua ricarica. La maggior parte di esse sono situate al di fuori del territorio comunale, che comprende solo le zone dunari situate lungo la fascia costiera a N e a S della foce dell'Arno e l'area di Coltano. In base a queste considerazioni e alla luce delle attuali conoscenze, la vulnerabilità della falda risulta bassa per tutto il territorio comunale ad eccezione delle zone di ricarica sopra descritte dove aumenta notevolmente fino a raggiungere valori elevati.

Acquifero freatico: l'acquifero freatico è presente in ampie zone del territorio comunale ed è situato nelle lenti sabbiose o nei depositi dei paleoalvei che risultano molto frequenti. Generalmente questo acquifero non viene quasi mai preso in considerazione perché l'acqua non è utilizzabile a scopi idropotabili sia per la scarsità della quantità immagazzinata, sia soprattutto per la sua qualità.

Un'analisi dei dati a disposizione, in particolare quelli reperiti dalle autodenunce dei proprietari dei pozzi, raccolte dall'amministrazione provinciale, ha messo in evidenza, però, che esiste un'enorme quantità di pozzi (il loro numero si aggira intorno a qualche migliaio), che sfruttano la falda superficiale freatica; quest'ultimo dato, pur non essendo esplicitamente indicato nelle schede, si deduce facilmente dalla profondità delle opere, che

³⁰Rossi S. e Spandre R., L'intrusione marina nella falda artesianiana in ghiaia nel litorale pisano, *Acque sotterranee*, 43, pp. 51-58, 1994.

³¹Rossi S. e Spandre R., Caratteristiche idrochimiche della I falda artesianiana in sabbia nei dintorni della città di Pisa, *Acque sotterranee*, 48, pp. 27-36, 1995.

solo raramente supera 10 m. La concentrazione dei pozzi aumenta in maniera significativa in corrispondenza degli aggregati di edifici soprattutto nelle frazioni.

Sulla base di questa analisi, ancorché incompleta, emerge la necessità di proteggere in qualche modo l'acquifero. Anzi per le sue caratteristiche, legate principalmente alla sua posizione superficiale, esso risulta quello maggiormente esposto al rischio di inquinamento. Va inoltre ricordato che la qualità dell'acqua di questa falda, non consente una utilizzazione a scopi idropotabili, ma è tale da permettere un uso a scopo irriguo e quindi per tale motivo va comunque salvaguardata.

Inoltre anche se non è stato ancora dettagliatamente affrontato il problema, è comunque evidente l'esistenza di un rapporto tra questa falda e l'idrografia superficiale (principalmente i fossi, secondariamente i canali e solo marginalmente l'Arno) e quindi la qualità delle acque che in essa scorre, influenza, più o meno direttamente, la qualità dell'acqua presente in falda.

- **Copertura vegetazionale e sistemi di paesaggio**

Nell'analizzare il sistema del verde nel territorio comunale di Pisa, si distinguono il territorio urbanizzato e il territorio extraurbano.

Nel territorio urbanizzato, facendo riferimento all'analisi quantitativa sull'uso del suolo effettuata nel 1988 per l'elaborazione del Piano Regolatore Generale³², le superfici a verde occupano complessivamente 194,82 ettari, corrispondenti all'8% circa dell'attuale superficie urbanizzata. La maggior parte di questa superficie (156,59 ettari) è costituita da giardini ed orti interni privati.

Le aree a verde pubblico a Pisa sono per lo più costituite da airole, "scampoli" a destinazione indefinita, spesso privi di qualunque forma di sistemazione e manutenzione. Per quanto riguarda le vie alberate, in buona parte caratterizzate dalla presenza di pini, che costituiscono complessivamente il 70-80% del verde della città, emergono in molti casi alcuni errori di base nella piantagione come la dimensione troppo ristretta delle airole, il sesto di impianto troppo stretto, la messa a dimora troppo vicino a fabbricati³³.

I parchi e giardini pubblici, attualmente funzionanti, sono i seguenti:

- Giardino Scotto - Fortezza Medicea
Accessi: Lungarno Fibonacci, Via di Fortezza;
Presenza di: panchine, attrezzature gioco;
- Porta a Piagge - Via Betti
Accessi: Via Betti;
Presenza di: panchine, attrezzature gioco;
- CEP - Via Michelangelo:
Accessi: Via Michelangelo;
Presenza di: panchine, attrezzature gioco;
- San Marco - Via Montanelli
Accessi: Via Montanelli;
Presenza di: panchine, attrezzature gioco;
- Porta a Mare - Via Moro
Accessi: Via Moro;

³²Astengo G., Pisa: struttura e piano, Volume I, Analisi strutturale dell'insediamento urbano, Tacchi Editore Pisa, 1989.

³³Norci E., Comune di Pisa: Pisa e le alberature stradali urbane, Relazione, aprile 1995.

<p>Presenza di: panchine, attrezzature gioco;</p> <p>– San Biagio - Via Padule Accessi: Via Padule; Presenza di: panchine, attrezzature gioco;</p> <p>– Viale delle Piagge Accessi: Viale delle Piagge; Presenza di: panchine, attrezzature gioco;</p> <p>– CEP - Via Sanzio Accessi: Via Sanzio; Presenza di: panchine, attrezzature gioco;</p> <p>– Area verde Via Ripaiola Accessi: Via Ripaiola; Presenza di: panchine, attrezzature gioco;</p> <p>– San Francesco - Via San Giovanni Bosco Accessi: Via Giovanni Bosco, Via Parini; Presenza di: panchine, attrezzature gioco;</p>

La porzione extraurbana di territorio comunale (16.230 ettari) rappresenta circa l'87% dell'intera superficie, ed è occupata per la maggior parte (11.470 ettari, il 70%) dal Parco di S. Rossore, Migliarino, Massaciuccoli.

Tre tipi di paesaggio agrario hanno caratterizzato fino a epoche recenti questo territorio. Dall'esame del Catasto Leopoldino le zone più prospicienti la città, dove sono situati i terreni più adatti alla coltivazione, appaiono intensamente coltivate in unità molto frammentate. Nelle zone più lontane, invece, il paesaggio è ancora prettamente palustre, mentre le zone intermedie, che formano semicerchi intorno alla città, a nord tra Sterpaia, fossa Cuccia e il Pero e a sud tra Montacchiello le Rene e Castagnolo, sono destinate a coltivazioni estensive e a vaste aree di prato-pascolo. Le azioni di bonifica avvenute tra le due guerre, il successivo appoderamento delle zone prosciugate e delle grandi proprietà terriere hanno tuttavia modificato il paesaggio agrario.

Considerando poi la fascia costiera, questa risulta caratterizzata dalla presenza di cordoni dunosi (tomboli e cotoni) alternati a depressioni sommerse dalle acque (le lame), che danno luogo a nicchie e microclimi particolari, progressivamente colonizzate da parte della vegetazione. Quest'area costituisce buona parte del territorio del Parco, caratterizzato da grandi estensioni di pineta mediterranea, da ampie zone di terreno agricolo bonificate, oltre ai sistemi d'acqua e dunali ancora esistenti.

Nell'analizzare il paesaggio nel territorio comunale, è importante tenere presente che si tratta di un sistema in equilibrio dinamico, aperto alle trasformazioni (di cui è anche il risultato sensibile), che tengono conto dell'entità delle perturbazioni e delle capacità di adattamento del territorio nel raggiungere nuovi stati di "precaria stazionarietà". Il paesaggio reagisce ai disturbi evolvendo verso stati di maggiore organizzazione o verso situazioni di degrado; può incorporare le perturbazioni, limitandone le eventuali alterazioni e al contrario includendole come forze che producono strutturazione. Le variazioni del paesaggio non sono facilmente misurabili e spesso risulta difficile valutare la qualità del cambiamento. E' comunque necessario valutare la tendenza del paesaggio, per comprendere se le sue caratteristiche si sono sostanzialmente mantenute o si stanno modificando ossia capire verso quale tipo di ecosistema sta evolvendo, il grado di stabilità

e la capacità di carico, onde evitare processi di semplificazione e di cambiamento della tipologia del paesaggio stesso.

Il paesaggio viene definito dall'ecologia del paesaggio come "sistema di ecosistemi interagenti che si ripetono in un intorno" (Forman e Godron), è cioè un sistema gerarchico a diversi livelli di organizzazione, le cui caratteristiche fondamentali sono date dalla struttura e dalle funzioni degli ecotopi che lo costituiscono. Perciò l'ambiente non può essere suddiviso in parti separate che non tengono conto dell'intorno e dei sistemi di riferimento più ampi. Nasce l'esigenza di inquadrare i fenomeni a diverse scale non solo di spazio (scale metriche), ma anche di tempo (soglie storiche).

Lo studio del paesaggio deve dunque analizzare il paesaggio nel suo complesso, non trascurando l'indagine sulle tessere che lo compongono, ma dando maggior peso allo studio dei livelli di organizzazione e di interrelazione più difficilmente individuabili, ma spesso fondamentali per conoscere lo stato di salute di un determinato ecosistema e per preservarlo dal degrado. Ad esempio il sistema vegetazionale è stato classificato nelle principali associazioni vegetali e per tipologie, quantificato e qualificato in base alla sua biopotenzialità (Mcal/m²/anno), ma i dati risultano poco significativi se non inquadrati in un'analisi di sistema e in un ragionamento più ampio.

Nel lavoro sul Comune di Pisa sono state individuate 3 scale spazio-temporali interrelabili, su cui analizzare gli ecotopi presenti, la loro distribuzione e il loro grado di interazione e di stabilità. Ci siamo avvalsi degli indicatori classici dell'ecologia del paesaggio, strumenti indispensabili nelle fasi di analisi e valutazione, per definire il grado di stabilità della struttura paesistica, le condizioni per le funzioni compatibili, le tendenze che legano le dinamiche paesistiche alle dinamiche della popolazione. Tali indicatori definiscono i range ottimali entro i quali i sistemi devono mantenersi ai fini del mantenimento dello stato di equilibrio e che sono funzionali come strumenti di controllo, monitoraggio e controllo delle trasformazioni nel tempo.

Il lavoro si articola nelle seguenti fasi:

- 1 studio del ruolo funzionale e strutturale del paesaggio all'interno del mosaico ambientale d'area vasta;
- 2 verifica a livello comunale delle caratteristiche precedentemente individuate, degli effettivi limiti e delle potenzialità presenti che possano garantire il mantenimento di uno stato di equilibrio dinamico. Individuazione dei subsistemi ambientali, con particolare attenzione alle relazioni interne, alle relazioni tra diversi subsistemi e alle caratteristiche dei confini.

La metodologia di analisi prevede:

- l'inquadramento dell'area di studio;
- la scelta delle scale spazio-temporali;
- la scelta ed elaborazione delle basi cartografiche (ecomosaico...);
- l'analisi della struttura e delle dinamiche alle varie scale ed individuazione dei legami gerarchici;
- la scelta ed applicazione degli indicatori da utilizzare alle varie scale.

AREA DI STUDIO	Sistema ambientale della piana di Pisa	Territorio del comune di Pisa
----------------	--	-------------------------------

SCALA METRICA	scala 1:25.000	scala 1:10.000
SOGLIE STORICHE	1878 - 1954 -1980	1830 - 1996
BASE CARTOGRAFICA	tavolette I.G.M.-carta tecnica regionale	catasto leopoldino-carta tecnica regionale
INDICATORI	Matrici del paesaggio - Biopotenzialità Habitat umano, naturale e standard Eterogeneità	Percolazione - Connettività - Circuitazione - Eterogeneità

Gli indicatori da utilizzare sono i seguenti:

Matrice del paesaggio - Rappresenta “l’elemento più estensivo e connesso che gioca un ruolo funzionale determinante nel paesaggio” (Ingegnoli). Con la sua analisi si procede allo studio della distribuzione e della densità delle macchie e delle fasce ecotonali presenti, per capire le tendenze del territorio e le connessioni di grande scala.

Biopotenzialità (Btc) - Mette in relazione la biomassa con le capacità di autoregolazione degli ecosistemi (Ingegnoli) ed è importante indicatore di metastabilità del sistema paesistico. E’ di grande interesse il confronto della biopotenzialità complessiva e dei singoli ecotopi alle diverse soglie storiche. Attraverso l’impiego di sezioni territoriali lungo linee di riferimento, scelte individuando il gradiente è più significativo, si mettono in relazione la Btc e i vari usi del suolo e si verificano le variazioni di stato di un sistema di ecosistemi. Le sezioni evidenziano e visualizzano le trasformazioni, dando indicazioni per il controllo delle alterazioni del paesaggio e sulla sua eterogeneità.

Habitat umano, Habitat naturale, Habitat standard - Individuazione dei tipi di paesaggio da mettere in relazione con la Btc, secondo il modello del controllo della “trasformazione dei paesaggi”(Ingegnoli).

Individuano rispettivamente la superficie delle componenti antropiche e naturali del paesaggio ed il rapporto tra Habitat umano e il numero di abitanti.

Eterogeneità - Grado di diversità presente all’interno di un paesaggio. E’ da valutare e interpretare in relazione con le capacità omeostatiche dei sistemi di paesaggio.

Percolazione - Si riferisce ad una matrice ed è la probabilità che le celle della matrice siano occupate da un oggetto d’interesse (in questo caso le componenti del paesaggio a gestione antropica o naturale). Mostra la forma e la distribuzione delle macchie e, in relazione al valore di probabilità critica (0,5928), descrive qual è l’elemento paesistico dominante in una determinata porzione di territorio. Può utilizzarsi anche per valutare il grado di frammentazione di un paesaggio.

Connettività - Misura il numero dei legami che un tipo di elemento ha (funzionamento a rete) all’interno di un paesaggio, in relazione al numero dei possibili legami.

Circuitazione - Numero dei circuiti esistenti in rapporto al massimo numero possibile.

Le analisi paesistiche sono attualmente in fase di elaborazione nell’ambito della redazione del nuovo Piano Strutturale.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Piantagioni**

Per l'applicazione della legge 113/92 ("Un albero per ogni bambino") nel 1993 il Servizio Pianificazione Urbanistica, di concerto con l'Ufficio Tutela Ambiente e con la dott. Elisabetta Norci, incaricata dall'Amministrazione Comunale come consulente Agronomo, ha condotto una ricerca sul territorio volta all'individuazione di aree idonee per la messa a dimora di alberi in misura di uno per ogni neonato nel Comune entro dodici mesi dalla registrazione anagrafica³⁴.

In seguito all'indagine sono state individuate 5 aree, in cui, nel 1995, sono stati messi a dimora gli alberi riportati nel seguente elenco:

- Area n° 15 Cisanello:

Superficie:	8.100 mq.
Tilia cordata greenspire	n° 20
Morus nigra	n° 12
Fraxinus ornus	n° 31
Lagestroemia indica	n° 10
- Area n° 17 Don Bosco:

Superficie:	8.200 mq.
Acer platanoides	n° 22
Fraxinus ornus	n° 18
- Area n° 7 Porta a Mare:

Superficie:	10.000 mq
Tilia tomentosa	n° 51
Morus nigra	n° 15
Lagestroemia indica	n° 14
- Area n° 25 Marina:

Superficie:	2.100 mq.
Pinus pinea	n° 38
Tamarix gallica	n° 10
- Area n° 16 Cisanello:

Superficie:	3.800 mq.
Cercis siliquastrum	n° 32
Quercus ilex	n° 32

Sempre in applicazione della L. 113/92 sono stati inoltre messi a dimora n° 40 Celtis australis e n° 19 Crataegus oxyantha nel parcheggio di via di Pratale.

³⁴Comune di Pisa, Servizio Pianificazione Urbanistica, Individuazione di aree per l'applicazione della L. 113/92 "Un albero per ogni bambino", febbraio 1993.

2.2.7. Sistema aziende a rischio o insalubri

Indicatori di pressione

- **Aziende a rischio di incidente rilevante**

Nel territorio comunale di Pisa è presente una sola attività industriale a rischio di incidente rilevante (ex art. 3 e art. 6 DPR 175/88). Si tratta di una industria chimico-farmaceutica, soggetta all'obbligo di dichiarazione, per cui la relativa istruttoria risulta attualmente conclusa.

- **Aziende insalubri**

Le aziende insalubri sono definite nel Testo Unico delle Leggi Sanitarie (artt. 216 e 217) come “le manifatture e fabbriche che producono vapori, gas o altre esalazioni insalubri o che possono riuscire in altro modo pericolose alla salute degli abitanti”.

Le categorie di aziende che devono essere considerate insalubri sono incluse in un elenco diviso in due classi. La prima classe comprende quelle che devono essere isolate nelle campagne e tenute lontane dalle abitazioni, la seconda quelle che esigono speciali cautele per la incolumità del vicinato. Una industria che sia iscritta nella prima classe, può essere permessa nell'abitato qualora l'industriale che l'esercita provi che, per l'introduzione di nuovi metodi o speciali cautele, il suo esercizio non reca nocimento alla salute del vicinato.

Ciò premesso, in base all'elenco fornito dall'Ufficio Ambiente, nel Comune di Pisa risultano essere presenti complessivamente 50 aziende insalubri, di cui 30 di classe I e 12 di classe II.

Nelle tabelle che seguono si riporta la ripartizione del numero di aziende per circoscrizione e per categoria produttiva.

Ripartizione del numero di aziende insalubri per circoscrizione.

Circoscrizione	N° aziende Cl. I	N° aziende Cl. II
1. Marina di Pisa, Tirrenia, Calambrone	2	-
2. CEP, Barbaricina, Porta a Mare, San Rossore, San Piero, La Vettola	9	2
3. Putignano, Riglione, Oratoio, Coltano, Le Rene, Ospedaletto, Sant'Ermete	18	2
4. San Giusto, San Marco, Porta Fiorentina, San Martino, Sant'Antonio, La Cella	8	6
5. Cisanello, San Biagio, Porta Piagge, Don Bosco, Pratale	1	2
6. Porta a Lucca, I Passi, Gagno, Porta Nuova, San Francesco, Santa Maria	-	-
TOTALE	38	12

Ripartizione del numero di aziende insalubri per circoscrizione.

Categoria produttiva	N° aziende Cl. I	N° aziende Cl. II
Autocarrozzeria	1	-
Autolavaggio	1	-
Deposito auto e/o rifiuti vari fuori uso	2	-
Depurazione acque	4	-
Industria meccanica	3	-
Industria chimica e/o farmaceutica	-	8
Lavanderia tintoria	-	3
Lavorazione marmo	5	-
Lavorazione metalli	4	-
Produzione materiali edili	5	-
Produzione vetro	2	-
Smalti, vernici, idropitture	1	-
Termodistruzione rifiuti	1	-
Altro	9	1
TOTALE	38	12

Dalla prima tabella si può osservare che il maggior numero di aziende insalubri è concentrato nella circoscrizione 3, che comprende al suo interno l'area industriale e artigianale di Ospedaletto.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- ***Requisiti prestazionali per le installazioni industriali***

Relativamente a questo aspetto, non sono attualmente disponibili informazioni. I requisiti prestazionali dovranno essere individuati negli strumenti di programmazione territoriale.

2.2.7. Sistema radiazioni non ionizzanti

Indicatori di pressione

- **Elettrodotti**

Le linee elettriche ad alta tensione (elettrodotti) costituiscono un fattore di pressione sul territorio, oltre che per l'innegabile danno estetico arrecato al paesaggio, per i possibili effetti che l'esposizione ai campi elettromagnetici non ionizzanti da esse generati potrebbe provocare sulla salute dell'uomo.

Le preoccupazioni della comunità scientifica internazionale sui possibili effetti dei campi elettromagnetici sui sistemi biologici (in particolare sui possibili effetti oncogenetici) ricevono infatti sempre maggiori conferme da studi e pubblicazioni medico-scientifiche.

Le radiazioni elettromagnetiche generate dagli elettrodotti che trasportano l'energia elettrica si collocano nella fascia a bassa frequenza, in quanto le frequenze utilizzate sono costanti a 50 Hz. Gli elettrodotti trasportano normalmente correnti dell'ordine di 1-2 KA, ed i valori dei campi magnetici a terra sono dell'ordine di 15-30 microTesla.

Nel territorio comunale di Pisa si sta procedendo alla ricognizione degli elettrodotti presenti e delle relative caratteristiche.

Indicatori delle politiche/interventi di controllo, protezione e risanamento

- **Misure di protezione**

Relativamente a questo aspetto, per il Comune di Pisa non sono attualmente disponibili informazioni specifiche. Le misure di protezione dovranno essere individuate negli strumenti di programmazione territoriale.