



UNIVERSITÀ DI SIENA 1240

Dipartimento di Scienze fisiche, della Terra e dell'ambiente

Dottorato in Scienze della Terra, ambientali e polari

29° Ciclo

Coordinatore: Prof. Roberto Bargagli

**Sviluppo di un Sistema Informativo Territoriale per
la caratterizzazione dell'impatto ambientale di piani
e opere attraverso l'analisi delle direttive
comunitarie e del recepimento dei loro principi nella
normativa italiana**

Settore scientifico disciplinare: Geo/05

Candidato/a

Giulia Verdiani

Sede di attività: Centro di GeoTecnologie – Università degli Studi di Siena

Firma del candidato

Tutore

Prof. Luigi Carmignani

Ente di appartenenza: Centro di GeoTecnologie – Università degli Studi di Siena

Firma del tutore

Eventuale/i co-tutore/i

Dott. Altair Pirro

Ente di appartenenza: CGT Spinoff s.r.l.

Firma del co-tutore

Anno accademico di conseguimento del titolo di Dottore di ricerca

2016/17

Commissione

Effettivi

Prof. Riccardo Salvini

Ente di appartenenza: Dipartimento di Scienze fisiche, della Terra e dell'ambiente (DSFTA) -
Università di Siena

Prof. Giacomo Alfredo D'Amato Avanzi

Ente di appartenenza: Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Pisa

Prof. Roberto Giannecchini

Ente di appartenenza: Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Pisa

Supplenti

Prof. Paolo Conti

Ente di appartenenza: Dipartimento di Scienze fisiche, della Terra e dell'ambiente (DSFTA) -
Università di Siena

Prof. Giancarlo Molli

Ente di appartenenza: Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Pisa

Sommario

CAPITOLO 1	1
QUADRO NORMATIVO COMUNITARIO E NAZIONALE SULLA TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL PAESAGGIO	1
1.1 Fondamenti sulla tutela dell'ambiente nel diritto comunitario europeo	1
1.2 Fondamenti sulla tutela del paesaggio nel diritto comunitario europeo	2
1.2.1 La Convenzione Europea del Paesaggio	6
1.3 La tutela ambientale nella normativa nazionale	7
1.4 La tutela del paesaggio nella normativa nazionale: evoluzione storica degli strumenti legislativi	8
1.4.1 Il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio	13
CAPITOLO 2	16
LA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE	16
2.1 Definizione e normativa comunitaria di riferimento	16
2.1.1 Direttiva 85/337/CE (Direttiva VIA) e successive integrazioni	19
2.1.2 Direttiva 2001/42/CE	23
2.2 Normativa italiana di riferimento	24
2.2.1 D. Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale"	24
2.3 Evoluzione della normativa sulla VIA nella Regione Toscana	26
2.4 Definizione di impatto ambientale	30
2.5 La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale	34
2.5.1 Norme vigenti per la redazione dello Studio di Impatto Ambientale	37
CAPITOLO 3	42
APPLICAZIONE DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI AL PROCEDIMENTO DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE	42
3.1 Utilità dei Sistemi Informativi Geografici alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale	42
3.2 Caratteristiche di un Sistema Informativo Geografico	43

3.3 Aspetti principali delle basi di dati	45
3.4 Progettazione di una base di dati	47
3.4.1 Le fasi della progettazione.....	48
CAPITOLO 4	58
IL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DELL'EX AREA MINERARIA DI SANTA BARBARA (AR)	58
4.1 La coltivazione mineraria nel comprensorio di S. Barbara	58
4.1.1 Inquadramento geomorfologico e idrografico dell'area mineraria.....	61
4.2 Il progetto di riassetto ambientale dell'ex area mineraria	64
4.3 Analisi dello Studio di Impatto Ambientale	65
4.3.1 Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico.....	66
4.3.2 Analisi del Quadro di Riferimento Progettuale	68
4.3.3 Analisi del Quadro di Riferimento Ambientale: individuazione delle componenti e dei fattori ambientali interessati.....	69
CAPITOLO 5	71
PROGETTAZIONE DELLA BASE DI DATI "VIA_GIS"	71
5.1 Analisi dei requisiti.....	71
5.1.1 Individuazione delle finalità e funzionalità della base di dati	71
5.2 Progettazione della base di dati	75
5.2.1 Modellazione concettuale con Open Model Sphere.....	75
5.2.2 Traduzione dello schema concettuale in modello logico relazionale.....	78
5.2.3 Da Open Model Sphere a PostgreSQL: primi passi della progettazione logica e implementazione del DB	85
CAPITOLO 6	87
IMPLEMENTAZIONE DELLA BASE DI DATI "VIA_GIS"	87
6.1 Strutturazione della base di dati in PostgreSQL.....	87
6.1.1 Fasi della progettazione della base di dati in PostgreSQL	88
6.1.2 Creazione delle tabelle in PostgreSQL.....	89

6.1.3 Applicazione dell'estensione spaziale alle tabelle con PostGIS	102
6.2 Implementazione della base di dati VIA_GIS in Quantum GIS	104
6.2.1 Attribuzione della colonna "geometry" con il plugin DB Manager	106
6.2.2 Operazioni di importazione dei dati all'interno del database "VIA_GIS" ..	107
6.3 Criticità riscontrate durante il popolamento della base di dati	120
6.3.1 Criticità dovute alla presenza di campi con diversa denominazione.....	121
6.3.2 Criticità dovute alla violazione dei vincoli di chiave primaria.....	121
6.3.3 Criticità dovute alla presenza di differenti Data Type in PostgreSQL e QGIS	122
CAPITOLO 7	127
ELABORAZIONI SULLA BASE DI DATI VIA_GIS	127
7.1 Logica della metodologia per l'elaborazione di una carta di sensibilità ambientale	127
7.1.1 Elaborazione di carte tematiche.....	128
7.2 Classificazione dell'ambito territoriale sulla base della sua Sensibilità Ambientale	130
7.2.1 Assegnazione di un peso ai tematismi della base di dati	131
7.2.2 Esecuzione delle operazioni di overlay vettoriale	132
7.2.3 Derivazione dell'indicatore di sensibilità ambientale	137
7.2.4 Analisi dello scenario di sensibilità ambientale	141
7.2.5 La Carta della Sensibilità Ambientale dell'ambito di paesaggio del Valdarno Superiore.....	146
7.3 La sensibilità ambientale dell'area di studio dell'ex area mineraria di Santa Barbara	150
7.4 Vincolistica e sensibilità ambientale	152
7.4.1 Digitalizzazione dei dati cartografici descrittivi della vincolistica	153
7.4.2 Digitalizzazione dei siti di interesse archeologico	155

7.4.3 Metodologia per il calcolo della sensibilità ambientale integrata con la vincolistica e i siti di interesse archeologico	157
CAPITOLO 8	162
RISULTATI E CONCLUSIONI.....	162
Bibliografia.....	168
Sitografia	172
<i>Allegato 1 – Carta della Sensibilità Ambientale dell’ambito di paesaggio del Valdarno Superiore alla scala 1: 50.000</i>	
<i>Allegato 2 - Carta della Sensibilità Ambientale dell’ex area mineraria di S. Barbara (AR) alla scala 1: 25.000</i>	

Introduzione

Il percorso di Dottorato in Scienze della Terra, Ambientali e Polari è stato affrontato attraverso lo studio delle tematiche relative alle possibili applicazioni dei Sistemi Informativi Territoriali alla procedura di valutazione di impatto ambientale di opere e progetti.

L'attenzione si è concentrata in particolare sull'analisi della possibile utilità degli strumenti GIS (*Geographic Information Systems*) in una delle fasi chiave della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, rappresentata dall'elaborazione dello Studio di Impatto Ambientale.

Una parte consistente del lavoro di tesi è consistita nell'analisi di tutto il quadro normativo che disciplina la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale in Italia, non tralasciando le linee guida che a livello comunitario hanno determinato un'influenza nel panorama legislativo nazionale in materia di protezione dell'ambiente e Valutazione di Impatto Ambientale di opere e progetti.

L'applicazione dei Sistemi Informativi Territoriali alla fase di predisposizione di uno Studio di Impatto Ambientale è stata condotta elaborando una base di dati quale strumento di supporto alla caratterizzazione ambientale di un determinato ambito territoriale. La creazione della base di dati è stata finalizzata ad individuare una metodologia che permettesse di classificare una determinata area di interesse sulla base della sua *sensibilità ambientale*, una proprietà che trova spazio nei riferimenti normativi in materia di protezione dell'ambiente e Valutazione di Impatto Ambientale.

Le elaborazioni sono state circoscritte ad un'area di studio rappresentata dall'ambito di paesaggio del Valdarno Superiore, nel quale è situato il caso studio considerato nel presente lavoro, rappresentato dall'ex area mineraria di S. Barbara (Arezzo), oggetto di un progetto di ripristino ambientale e quindi di una Valutazione di Impatto Ambientale.

Tutte le operazioni sono state condotte esclusivamente attraverso l'utilizzo di *tool* e software GIS *open source*, procedendo secondo una metodologia per *overlay* tematici.

CAPITOLO 1

QUADRO NORMATIVO COMUNITARIO E NAZIONALE SULLA TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL PAESAGGIO

1.1 Fondamenti sulla tutela dell'ambiente nel diritto comunitario europeo

Il termine *ambiente*, secondo la definizione proposta dal Consiglio della Comunità Europea ⁽¹⁾, indica “l’insieme degli elementi che, nella complessità delle loro relazioni, costituiscono il quadro, l’habitat e le condizioni di vita dell’uomo”.

L’ambiente comprende quindi una serie di fenomeni riconducibili ai processi di trasformazione di un territorio che interessano le sue componenti viventi (biotiche) e non viventi (abiotiche). La stessa etimologia latina del termine *ambiens*, dal verbo *ambire* = *andare attorno*, denota l’insieme di tutte le componenti che vivono attorno a qualcosa.

Le componenti biotiche sono rappresentate da tutti gli organismi viventi che interagiscono con l’uomo. Sono invece componenti totalmente abiotiche tutte quelle risorse naturali, quali ad esempio l’aria, il suolo e l’acqua, che con le loro caratteristiche chimico – fisiche, permettono il sostentamento degli organismi viventi.

La nozione scientifica di ambiente e la materia giuridica che ne regola la salvaguardia prendono in considerazione soprattutto la componente abiotica dell’ambiente.

I principi che guidano la tutela e la salvaguardia dell’ambiente nella normativa italiana derivano dai testi giuridici comunitari che, emanati a partire dagli anni ‘60, presentano come unica finalità quella di promuovere e garantire il rispetto e la salvaguardia del paesaggio e dell’ambiente, inteso come l’insieme del patrimonio naturale e culturale di un paese.

¹ Programma d’azione in materia di politica ambientale adottato dal Consiglio delle Comunità Europee il 22 novembre 1973.

Solo in epoca recente la comunità internazionale ha iniziato ad impegnarsi nella cooperazione per la salvaguardia dell'ambiente, contemporaneamente alla diffusione della consapevolezza dell'ambiente come patrimonio comune dell'umanità.

In questo modo gli Stati hanno iniziato ad impegnarsi in un'azione sinergica finalizzata a ostacolare e minimizzare i processi di deterioramento ambientale.

A livello comunitario, è con il Trattato che istituisce la Comunità Europea (TCE, 1957), e soprattutto con l'Atto Unico Europeo (AUE, 1986) che introduce una revisione dei Trattati di Roma del 1957, che vengono introdotti i primi chiari riferimenti ad azioni condivise nell'ambito di una politica ambientale. Con l'Atto Unico Europeo viene infatti inserito nel TCE un nuovo titolo specifico per la tutela dell'ambiente.

Secondo l'attuale disciplina, così come descritto nell'Art. 174 del TCE, gli Stati membri dell'Unione Europea si impegnano nel perseguire gli obiettivi di:

- salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente;
- protezione della salute umana;
- utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali;
- promozione sul piano internazionale di misure rivolte a risolvere i problemi dell'ambiente a livello regionale o mondiale, e in particolare a combattere i cambiamenti climatici.

L'Art. 174 del TCE specifica, inoltre, i principi sui quali si fonda la politica comunitaria in materia ambientale. Essi sono:

- il principio della precauzione e dell'*azione preventiva* (al quale fa riferimento la Direttiva 85/337/CEE concernente la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), vedi Capitolo 2);
- il principio della *correzione*, in via prioritaria alla fonte, dei danni causati all'ambiente;
- il principio del "*chi inquina paga*".

L'azione comunitaria è finalizzata a garantire la massima tutela e salvaguardia dell'ambiente. Gli Stati membri, inoltre, come specificato nel successivo Art. 176, possono prendere provvedimenti, compatibilmente con i trattati, per assicurare una protezione ancora maggiore.

1.2 Fondamenti sulla tutela del paesaggio nel diritto comunitario europeo

Considerando la più ampia visione dell'ambiente, che include le risorse naturali che contribuiscono alla vita degli organismi viventi in esso presenti, la componente del

paesaggio rappresenta un aspetto di fondamentale importanza dal punto di vista della tutela e della salvaguardia.

La protezione del paesaggio è una materia regolamentata da una disciplina separata rispetto a quella inerente la tutela dell'ambiente.

A livello comunitario, lo stato della normativa sulla tutela e protezione del paesaggio alla fine degli anni '90 si presentava estremamente variegato e ricco di convenzioni stipulate tra gli Stati membri. I fondamenti contenuti nelle numerose normative comunitarie promulgate a partire dagli anni '70 provvedevano tuttavia a disciplinare la tutela e la salvaguardia soltanto di alcuni aspetti del paesaggio. Essi sono stati poi recepiti ed unificati all'interno della Convenzione Europea del Paesaggio (2000), che rappresenta un testo giuridico fondamentale per la promozione della tutela del paesaggio a livello comunitario.

Nel preambolo della Convenzione Europea del Paesaggio vi è l'esplicito riferimento ai testi giuridici che, a livello internazionale, sono stati emanati prima del 2000 e riguardanti i settori della "salvaguardia e della gestione del patrimonio naturale e culturale, della pianificazione territoriale, dell'autonomia locale e della cooperazione transfrontaliera".

I programmi di questi testi, di seguito brevemente descritti, pur riferendosi per lo più alle tematiche di protezione e tutela del patrimonio culturale oltre che del paesaggio, sono stati comunque integrati all'interno dei principi della Convenzione Europea del Paesaggio.

Nello specifico, la Convenzione Europea del Paesaggio cita i seguenti testi:

- *Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa* (Berna, 1979)

Tra gli obiettivi di questa Convenzione, entrata in vigore come legge il 1 giugno 1982, vi era l'impegno delle Parti alla salvaguardia della flora e della fauna selvaggia e dei loro habitat naturali, con particolare attenzione a quelle specie in pericolo di estinzione. In virtù di questa finalità, le Parti dovevano impegnarsi nelle varie fasi di elaborazione delle politiche di pianificazione, sviluppo e lotta all'inquinamento.

- *Convenzione per la salvaguardia del patrimonio architettonico d'Europa* (Convenzione di Granada, 1985)

Nella testo della Convenzione di Granada il patrimonio architettonico viene riconosciuto come "un'espressione insostituibile della ricchezza e della diversità del patrimonio

culturale dell'Europa", costituito dai monumenti, dai complessi architettonici e dai siti, quest'ultimi intesi come le "opere edificate dall'uomo e dalla natura, che formano degli spazi sufficientemente caratteristici e omogenei per formare oggetto di una delimitazione geografica, notevoli per il loro interesse storico, archeologico, artistico, scientifico, sociale e tecnico".

La Convenzione definisce le procedure regolamentari di protezione e misure complementari che ogni Parte contraente si impegna a rispettare, con la finalità di proteggere i beni considerati da azioni di deturpamento e demolizione.

È introdotto inoltre il concetto di politica di conservazione integrata, rappresentata da un insieme di procedure ed obblighi che ogni Parte contraente si impegna ad adottare al fine di porre "la protezione del patrimonio architettonico tra gli obiettivi essenziali della sistemazione del territorio e dell'urbanistica".

- *Convenzione europea per la tutela del patrimonio archeologico* (Convenzione di La Valletta, 1992)

La Convenzione di La Valletta sostituisce la precedente convenzione per la protezione del patrimonio archeologico di Londra (1969). In questo testo, il patrimonio archeologico viene considerato come un "elemento essenziale per la conoscenza del passato delle civiltà" ed in particolare si riconosce il patrimonio archeologico europeo "gravemente minacciato dal moltiplicarsi dei grandi lavori di pianificazione del territorio e dai rischi naturali, dagli scavi clandestini o privi di carattere scientifico, o dall'insufficiente informazione del pubblico".

La Convenzione individua la necessità di stabilire delle procedure di controllo amministrativo e scientifico che integrino le politiche di pianificazione urbana e rurale con la protezione del patrimonio archeologico.

- *Convenzione–quadro europea sulla cooperazione transfrontaliera delle collettività o autorità territoriali* (Convenzione di Madrid, 1980)

La Convenzione di Madrid promuove la cooperazione transfrontaliera tra le collettività o autorità territoriali o organismi che esercitano funzioni locali e regionali all'interno di ciascuno Stato. Il testo vuole agevolare la cooperazione tra le comunità regionali e comunali, finalizzata alla conclusione di Accordi di natura transfrontaliera tra le Parti e all'eliminazione di ogni difficoltà che ne impedisca la realizzazione. Gli Accordi possono

riguardare tematiche legate allo sviluppo regionale, la protezione dell'ambiente, il miglioramento dei servizi pubblici.

- *Carta europea delle autonomie locali* (Strasburgo, 1985)

La Carta promuove l'indipendenza politica, amministrativa e finanziaria delle comunità locali.

- *Convenzione sulla diversità biologica* (Rio de Janeiro, 1992)

La Convenzione sulla biodiversità è stata firmata in occasione della Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo (Rio de Janeiro, 1992) e promuove la cooperazione tra gli Stati e le organizzazioni intergovernative al fine di prevenire la significativa riduzione o perdita della diversità biologica, ritenuta di estremo valore ecologico, scientifico ed educativo, oltre che sociale ed economico, a causa dell'attività dell'uomo. Gli Stati sono ritenuti infatti i responsabili della conservazione della biodiversità all'interno del loro territorio e dell'utilizzazione delle loro risorse biologiche. Nel rispetto di queste finalità, ogni Stato partecipe di questa Convenzione si impegna ad elaborare strategie e programmi nazionali finalizzati a garantire la conservazione della diversità biologica.

- *Convenzione sulla tutela del patrimonio mondiale, culturale e naturale* (Parigi, 1972)

Il testo è stato adottato in occasione della Conferenza generale dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'educazione, la scienza e la cultura riunitasi a Parigi.

La Convenzione mette in evidenza l'esistenza di un rischio di distruzione che minaccia il patrimonio culturale e naturale causato, oltre che dal naturale deterioramento, dall'evoluzione della vita sociale ed economica. In essa si definisce "patrimonio culturale" l'insieme dei "monumenti, gli agglomerati e i siti, quest'ultimi rappresentati da opere dell'uomo e opere coniugate dell'uomo e della natura"; appartengono invece al "patrimonio naturale" i "monumenti naturali, le formazioni geologiche e fisiografiche e i siti naturali o le zone naturali di valore universale eccezionale".

Per concorrere al raggiungimento degli obiettivi di salvaguardia del patrimonio naturale e culturale di un territorio, gli Stati partecipi alla Convenzione si impegnano ad adottare politiche generali che assegnino al patrimonio culturale e naturale una funzione fondamentale nella vita della collettività ed integrino la protezione del patrimonio all'interno delle politiche generali di pianificazione.

- *Convenzione relativa all'accesso all'informazione, alla partecipazione del pubblico al processo decisionale e all'accesso alla giustizia in materia ambientale* (Århus, 1998)

La Convenzione di Århus promuove la tutela del diritto di accesso alle informazioni, di “partecipazione del pubblico ai processi decisionali e di accesso alla giustizia in materia ambientale”. Il testo definisce il concetto di “informazione ambientale” (Art. 2) intesa come “qualsiasi informazione disponibile in forma scritta, visiva, sonora, elettronica o in qualunque altra forma materiale” riguardante lo stato degli elementi dell’ambiente (acqua, suolo, ...), fattori quali le sostanze, l’energia, le radiazioni (..). La Convenzione, inoltre, definisce le modalità con cui le autorità pubbliche sono tenute a mettere a disposizione del pubblico le informazioni ambientali (Art. 4 – Accesso alle informazioni ambientali).

1.2.1 La Convenzione Europea del Paesaggio

La Convenzione Europea del Paesaggio, sottoscritta a Firenze nel 2000, è stata adottata dal Comitato dei Ministri del Consiglio d’Europa ed entrata in vigore dall’1 marzo 2004. In Italia, la Convenzione è stata ratificata a legge nel 2006.

All’interno del testo viene riconosciuto il ruolo fondamentale del paesaggio, inteso come una “parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall’azione di fattori naturali e/o dalle loro interrelazioni”, sul piano culturale, ecologico, ambientale e sociale oltre che una “risorsa favorevole all’attività economica”.

La Convenzione introduce, per la prima volta, il concetto di obiettivo di *qualità paesaggistica*, interpretato come l’insieme delle aspirazioni delle popolazioni relativamente alle caratteristiche paesaggistiche del territorio nel quale esse vivono. I principi introdotti nella Convenzione riguardano la salvaguardia e la gestione degli spazi naturali, rurali, urbani e periurbani, paesaggi terrestri e marini, paesaggi considerati “eccezionali”, quelli della vita quotidiana ed infine quelli degradati. Per il raggiungimento degli obiettivi previsti, il testo auspica una cooperazione europea pur tenendo conto della *Carta europea delle autonomie locali* firmata a Strasburgo nel 1985, e quindi delle politiche di ogni Stato membro.

All’interno della Convenzione viene riconosciuto un ruolo giuridico al paesaggio, considerato una componente essenziale del contesto abitativo di una popolazione, oltre che “fondamento della sua identità”. Per questo motivo, ogni Stato membro dovrebbe attuare una politica paesaggistica finalizzata alla protezione del paesaggio tramite misure

specifiche, integrando inoltre procedure di partecipazione del pubblico, delle autorità locali e regionali nella definizione di tali politiche.

Ciascuna Parte, inoltre, è invitata ad individuare i paesaggi del proprio territorio ed approfondirne lo studio delle dinamiche che ne determinano trasformazioni.

1.3 La tutela ambientale nella normativa nazionale

All'interno della situazione legislativa italiana della metà degli anni '80, le amministrazioni coinvolte nella tutela ambientale erano molteplici. Nel luglio 1986, la L. n. 349 istituì il Ministero dell'Ambiente, successivamente convertito dal D. Lgs. 181/2006 in Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM). Le competenze esclusive del Ministero, relative alla tutela ambientale, sono essenzialmente le seguenti (Compendio di Diritto dell'Ambiente, 2008):

- pianificazione territoriale e urbanistica
- tutela del paesaggio;
- difesa del suolo;
- difesa dell'ambiente;
- approntamento delle infrastrutture idonee.

Secondo l'Art. 1 della L. 349/1986 il Ministro deve assicurare "la promozione, la conservazione e il recupero delle condizioni ambientali conformi agli interessi fondamentali della collettività ed alla qualità della vita, nonché la conservazione e la valorizzazione del patrimonio naturale nazionale e la difesa delle risorse naturali dall'inquinamento".

Le competenze in materia di tutela ambientale assegnate allo Stato sono state in seguito ridisegnate allo scopo di individuare i compiti da affidare alle amministrazioni regionali e agli enti locali. Il D. Lgs. 112 del 1998 definisce i compiti di rilievo nazionale e le Funzioni conferite alle regioni e agli enti locali. In maniera collaborativa assieme alle amministrazioni regionali, lo Stato continua a svolgere, in via concorrente con le regioni, le funzioni relative ai seguenti ambiti (Art. 69):

- a) informazione ed educazione ambientale;
- b) promozione di tecnologie pulite e di politiche di sviluppo sostenibile;
- c) decisioni di urgenza a fini di prevenzione del danno ambientale;
- d) protezione dell'ambiente costiero.

Il decreto affronta inoltre la tematica della Valutazione di Impatto Ambientale, definendo, nell'Art.71, le opere e funzioni di competenza dello Stato.

Il riferimento normativo principale in ambito di tutela ambientale è costituito dal D. Lgs. 152 del 2006 "Norme in materia ambientale". Il testo, con le sue numerose modifiche, rappresenta il provvedimento nazionale di riferimento relativo alla tutela del suolo e delle acque, valutazione di impatto ambientale, gestione dei rifiuti, tutela dell'aria e tutela risarcitoria contro i danni dell'ambiente.

Il D. Lgs. 152/2006 sarà descritto e analizzato in dettaglio nel Capitolo 2.

1.4 La tutela del paesaggio nella normativa nazionale: evoluzione storica degli strumenti legislativi

Nel panorama italiano le prime azioni legislative finalizzate alla tutela paesaggistica risalgono agli inizi del XX secolo. Nel 1922 fu emanata la L. n. 778 riguardante i "provvedimenti per la tutela delle bellezze naturali e degli immobili di particolare interesse storico". In questo testo venivano dichiarate soggette a specifica protezione le "cose immobili la cui conservazione presenta un notevole interesse pubblico a causa della loro bellezza naturale o della loro particolare relazione con la storia civile e letteraria", oltre alle "bellezze panoramiche".

Nel 1939 la L. n. 778 fu abrogata e sostituita dalla L. n. 1497 concernente la "protezione delle bellezze naturali" (nota anche come "Legge Bottai") e dalla L. n. 1089 relativa alla tutela delle "cose di interesse artistico e storico". In questo modo fu operata una prima distinzione tra le bellezze naturali, assimilabili agli attuali beni paesaggistici, e le "cose" di interesse storico e artistico, ovvero i beni culturali.

Secondo la L. n. 1497, sono dichiarate di notevole interesse pubblico e quindi bellezze naturali sottoposte a protezione "le cose immobili che hanno caratteri di bellezza naturale e di singolarità geologica", le "ville, i giardini e i parchi che si distinguono per la non comune bellezza", i "complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale "e le "bellezze panoramiche considerate come quadri naturali".

L'aspetto estetico del paesaggio conserva quindi un ruolo predominante per la le attività di tutela e protezione.

Nella L. n. 1497 si introduce per la prima volta il concetto di *piano territoriale paesistico* (Art.5), che viene considerato come il principale strumento di valorizzazione del territorio

disposto dal Ministro per l'Educatione nazionale. Il piano territoriale paesistico ha la finalità di “impedire che le bellezze naturali siano utilizzate in modo pregiudizievole alla bellezza panoramica”, e si pone come un elemento di contatto e di dialogo tra le esigenze edilizie e urbanistiche e quelle di salvaguardia delle bellezze naturali e panoramiche.

Nel 1964 la L. n. 310 istituì la cosiddetta Commissione Franceschini, con l'intenzione di definire lo stato dell'arte in materia di tutela e protezione, attraverso un'approfondita revisione delle leggi vigenti. I lavori della Commissione rimasero per lo più incompiuti, ma sicuramente furono fondamentali per gettare le basi per una successiva riorganizzazione degli strumenti legislativi. Nella definizione di *patrimonio culturale* fornita dalla Commissione furono inseriti tutti i “beni di interesse archeologico, storico, artistico e paesistico, archivistico e librario, ed ogni altro bene che costituisca testimonianza materiale avente valore di civiltà”. Le proposte della Commissione sono suddivise in ottantaquattro *dichiarazioni* e si riferiscono a grandi categorie, rappresentate dai beni archeologici, beni artistici e storici, beni ambientali, beni archivistici e beni librari.

La Commissione Franceschini elaborò il nuovo concetto di *bene culturale ambientale*, risultante dalla fusione di profili estetico naturalistici con quelli storico-artistici (Carpentieri, 2004). La Dichiarazione XXXIX afferma che i beni ambientali sono rappresentati dalle “zone corografiche costituenti i paesaggi, naturali o trasformati ad opera dell'uomo, e le zone delimitabili costituenti strutture insediative, urbane e non urbane che presentano particolare pregio per i loro valori di civiltà, che devono essere conservate al godimento della collettività”.

Il termine *bene ambientale* riferito alle bellezze naturali di cui alla L. n. 778 del 1939, è stato utilizzato per la prima volta normativamente dal D. Lgs. n. 657 del 1974, con il quale fu istituito il Ministero per i Beni Culturali e l'Ambiente, poi divenuto, in seguito alla L. n. 5 del 1975, Ministero per i Beni Culturali e Ambientali (Carpentieri, 2004).

Intorno alla metà degli anni '80 nel panorama nazionale si stava compiendo una contaminazione tra gli ambiti normativi della tutela del paesaggio, tutela dell'ambiente e tutela urbanistica, intesa quest'ultima come pianificazione del territorio. A conferma di questa crescente unione tra le diverse discipline vi è la cosiddetta “legge Galasso” del 1985 (L. n. 431/1985, conversione in legge del decreto legge n. 312/1985). Questa legge rivede in maniera radicale le molteplici disposizioni esistenti in materia di tutela del paesaggio. La legge Galasso affronta disposizioni urgenti per la tutela delle zone di

particolare interesse ambientale ed introduce già nell'Art. 1 il concetto di *vincolo paesaggistico*.

Nell'Art. 1 il testo dichiara l'elenco dei beni e luoghi sottoposti a vincolo paesaggistico. Essi sono:

- a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare;
- b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;
- c) i fiumi, i torrenti ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna;
- d) le montagne per la parte eccedente 1600 metri sul livello del mare per la catena alpina e 1200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole;
- e) i ghiacciai e i circhi glaciali;
- f) i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi;
- g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento;
- h) le aree assegnate alle università agrarie e le zone gravate da usi civici;
- i) le zone umide incluse nell'elenco di cui al decreto del Presidente della Repubblica 13 marzo 1976, n. 448;
- l) i vulcani;
- m) le zone di interesse archeologico.

Le disposizioni di questa legge affidano alle Regioni il compito di sottoporre il relativo territorio a specifica normativa d'uso e di valorizzazione ambientale, attraverso la redazione di specifici piani paesistici o piani urbanistico - territoriali, tenendo considerazione dei valori paesistici e ambientali.

Secondo le disposizioni della L. n. 431/1985, quindi, sono state vincolate intere classi di aree ambientali con l'idea che la tutela paesaggistica non fosse dissimile dalla tutela dell'ambiente. In maniera analoga, si mostrava la medesima confusione tra pianificazione paesaggistica e pianificazione urbanistico - territoriale.

Alcuni dei principi della c.d. legge Galasso sono stati ripresi dagli strumenti legislativi successivi, come il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (2004), che riprende le categorie di beni che la l. 431/1985 sottoponeva a tutela (vedi Par. 1.4.1).

Nel 1998 fu istituito il Ministero per i Beni e le Attività Culturali, in sostituzione del precedente Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, già precedentemente sostituito, per l'ambito della tutela dell'ambiente, dal Ministero per l'Ambiente istituito nel 1986.

Per eseguire un riordino della materia della tutela paesaggistica, nel 1999 fu presentato il "Testo Unico recante le disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali", con D. Lgs. n. 490/1999. La finalità di questo testo era il coordinamento di tutta la precedente legislazione nazionale vigente, oltre che il recepimento dei principi delle Convenzioni internazionali e delle Direttive della CE. Esso rappresenta il tentativo di riunire in un unico strumento normativo la legislazione nazionale vigente sulla tutela, rappresentata principalmente dalla L. n. 1497/1939, la L. n. 1089/1939 e la L. n. 431/1985.

Oggetto della tutela del Testo Unico sono i *beni culturali* che compongono il patrimonio storico e artistico nazionale (Titolo I) e i *beni paesaggistici e ambientali* (Titolo II).

I beni culturali disciplinati nel Titolo I sono (Art.2):

- a) le cose immobili e mobili che presentano interesse artistico, storico, archeologico, o demoetno-antropologico;
- b) le cose immobili che, a causa del loro riferimento con la storia politica, militare, della letteratura, dell'arte e della cultura in genere, rivestono un interesse particolarmente importante;
- c) le collezioni o serie di oggetti che, per tradizione, fama e particolari caratteristiche ambientali, rivestono come complesso un eccezionale interesse artistico o storico;
- d) i beni archivistici;
- e) i beni librari.

Nel Testo Unico viene introdotto il concetto di *dichiarazione*, inteso come il procedimento con il quale il Ministero dichiara l'interesse particolarmente importante delle cose soggette a tutela, elencate nell'Art. 2 del Testo.

Sono invece considerati beni ambientali sottoposti a tutela (Art. 139, che riprende l'Art. 1 della L. n. 1497/1939):

- a) le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica;
- b) le ville, i giardini e i parchi, non tutelati a norma delle disposizioni del Titolo 1, che si

distinguono per la loro non comune bellezza;

c) i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale;

d) le bellezze panoramiche considerate come quadri e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico dai quali si goda lo spettacolo di quelle bellezze.

Sono inoltre sottoposti a tutela i beni tutelati per legge, in ragione del loro interesse paesaggistico (Art. 146, che riprende la L. n. 431/1985):

a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare;

b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;

c) i fiumi, i torrenti ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna;

d) le montagne per la parte eccedente 1.600 metri sul livello del mare per la catena alpina e 1.200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole;

e) i ghiacciai e i circhi glaciali;

f) i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi;

g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento;

h) le aree assegnate alle università agrarie e le zone gravate da usi civici;

i) le zone umide incluse nell'elenco previsto dal decreto del Presidente della Repubblica 13 marzo 1976, n. 448;

l) i vulcani;

m) le zone di interesse archeologico.

Le Regioni sono tenute a sottoporre a specifica normativa d'uso e di valorizzazione ambientale il loro territorio che include i beni ambientali, attraverso la redazione di piani paesistici o urbanistico - territoriali che hanno finalità di salvaguardia.

Nel Testo Unico permane ancora l'ambiguità concettuale tra beni paesaggistici e beni ambientali. Esso rappresenta solo il passaggio intermedio verso il riordino completo della legislazione in materia di tutela paesaggistica e dei beni culturali. Nel 2004 è emanato il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, con la contemporanea abrogazione del Testo

Unico e la scomparsa, dal titolo dello strumento legislativo, di qualsiasi riferimento ai beni ambientali.

1.4.1 Il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio

L'attuazione dei principi della Convenzione Europea del Paesaggio nei vari Paesi membri che vi hanno aderito ha determinato

esiti differenti. In Italia la tutela ambientale e paesaggistica è principalmente di carattere legislativo di tipo vincolistico con poteri accentrati dallo Stato che ha delegato nel tempo le varie competenze agli organi regionali. La risposta italiana alla Convenzione Europea del Paesaggio è rappresentata dal Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio ("Codice Urbani"), emanato con D. Lgs. n. 42/2004.

Il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio attribuisce allo Stato e alle Regioni il compito di elaborare determinati piani paesaggistici, attraverso i quali garantire, con una specifica normativa, un'adeguata salvaguardia e gestione del territorio di loro competenza. Questo strumento legislativo contribuisce a normare la materia della tutela del paesaggio e dei beni culturali grazie alla definizione di "principi di tutela dei beni paesaggistici".

Secondo il Codice, l'insieme dei beni culturali e beni paesaggistici costituisce il *patrimonio culturale*.

Tra i beni culturali sono annoverati "le cose immobili e mobili che presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà". Sono invece considerati beni paesaggistici "gli immobili e le aree costituenti espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio."

Il Codice dà una definizione di paesaggio, inteso come "il territorio espressivo di identità, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni". Esso deve essere tutelato negli "aspetti e caratteri che costituiscono rappresentazione materiale e visibile dell'identità nazionale, in quanto espressione di valori culturali". La tutela del paesaggio è promossa dalle amministrazioni pubbliche attraverso "attività di conoscenza, informazione e formazione, riqualificazione e fruizione del paesaggio" e, quando possibile, attraverso la "realizzazione di nuovi valori paesaggistici coerenti ed integrati".

Il Codice definisce come beni paesaggistici gli immobili e le aree di notevole interesse pubblico, che nello specifico sono i seguenti (Art. 146, che riprende in parte l'Art. 1 della L. n. 1497/1939):

- a) le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale, singolarità geologica o memoria storica, ivi compresi gli alberi monumentali;
- b) le ville, i giardini e i parchi, non tutelati dalle disposizioni della Parte seconda del presente codice, che si distinguono per la loro non comune bellezza;
- c) i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici;
- d) le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si goda lo spettacolo di quelle bellezze.

Sono inoltre di interesse paesaggistico e sottoposti quindi alle disposizioni del Codice le cosiddette "aree tutelate per legge" (Art. 142):

- a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare;
- b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;
- c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna;
- d) le montagne per la parte eccedente 1.600 metri sul livello del mare per la catena alpina e 1.200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole;
- e) i ghiacciai e i circhi glaciali;
- f) i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi;
- g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del D. Lgs. 18 maggio 2001, n. 227;
- h) le aree assegnate alle università agrarie e le zone gravate da usi civici;
- i) le zone umide incluse nell'elenco previsto dal decreto del Presidente della Repubblica 13 marzo 1976, n. 448;
- l) i vulcani;
- m) le zone di interesse archeologico.

Compito dello Stato e delle Regioni è quello di garantire l'adeguata conoscenza, salvaguardia e pianificazione di tutto il territorio, attraverso l'emanazione di piani paesaggistici. Il *piano paesaggistico* rappresenta uno strumento di gestione urbanistico - territoriale che tiene in specifica considerazione i valori paesaggistici e che riconosce gli aspetti caratteristici e le peculiarità dei determinati ambiti territoriali di competenza.

I caratteri comuni a ciascun piano paesaggistico sono rappresentati principalmente dai seguenti punti (Art. 135):

- a) conservazione degli elementi costitutivi e delle morfologie dei beni paesaggistici sottoposti a tutela, tenuto conto anche delle tipologie architettoniche, delle tecniche e dei materiali costruttivi, nonché delle esigenze di ripristino dei valori paesaggistici;
- b) riqualificazione delle aree compromesse o degradate;
- c) salvaguardia delle caratteristiche paesaggistiche degli altri ambiti territoriali, assicurando, al contempo, il minor consumo del territorio;
- d) individuazione delle linee di sviluppo urbanistico ed edilizio, in funzione della loro compatibilità con i diversi valori paesaggistici riconosciuti e tutelati, con particolare attenzione alla salvaguardia dei paesaggi rurali e dei siti inseriti nella lista del patrimonio mondiale dell'UNESCO.

Come specificato nell'Art. 143, dedicato alla descrizione dettagliata della struttura di un piano paesaggistico, tra i contenuti di questo strumento di gestione e tutela dovrebbero essere individuati eventuali “interventi di recupero e riqualificazione delle aree significativamente compromesse o degradate” e le “misure necessarie per il corretto inserimento, nel contesto paesaggistico, degli interventi di trasformazione del territorio, al fine di realizzare uno sviluppo sostenibile delle aree interessate.”

CAPITOLO 2

LA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

2.1 Definizione e normativa comunitaria di riferimento

La *Valutazione di Impatto Ambientale* rappresenta una procedura tecnico-amministrativa finalizzata a stabilire l'ammissibilità o meno dei futuri effetti che un determinato progetto (o, in senso più generale, una determinata azione) potrebbe indurre sull'ambiente in cui esso sarà inserito. Questo procedimento permette di determinare e valutare l'entità delle possibili conseguenze legate alla realizzazione di un'opera, con lo scopo di mitigarle.

Per analizzare in dettaglio i riferimenti normativi che disciplinano questo tipo di procedura e la loro evoluzione storica, è possibile individuare tre livelli di intervento:

- 1) *normativa comunitaria*, la quale ha contribuito, a partire dagli anni '70, ad indicare le basi della politica ambientale attraverso l'emanazione di una serie di Direttive Comunitarie i cui principi sono stati recepiti ed integrati all'interno degli strumenti normativi dei vari Paesi membri;
- 2) *normativa nazionale*, la quale ha recepito i programmi decisi a livello europeo e prodotto strumenti normativi che analizzano e disciplinano i vari aspetti tecnici ed amministrativi della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale;
- 3) *normativa regionale*, la quale ha recepito le linee programmatiche di politica ambientale a livello comunitario e nazionale, adattandole al territorio di competenza.

Storicamente l'introduzione del concetto di valutazione di impatto ambientale risale alla fine degli anni '60 quando, negli Stati Uniti, viene approvato il *National Environmental Policy Act* (NEPA, 1969) che segna l'introduzione del concetto di *environmental impact*. L'anno successivo verrà istituita l'*Environmental Protection Agency* (EPA), l'agenzia che sovrintende alla tutela ambientale negli Stati Uniti e che è partecipe di alcune fasi nelle procedure di *Environmental Assessment* (EA), ovvero la moderna procedura di

valutazione di impatto ambientale. In questo documento, l'Art. 102 invita le Agenzie Federali ad elaborare una valutazione dell'impatto di ogni azione proposta che possa avere effetti negativi sull'ambiente² attraverso una procedura amministrativa che prende il nome di *Environmental Impact Statement* (EIS).

La *normativa comunitaria* in materia di politica ambientale si basa sui principi della precauzione, dell'azione preventiva, della correzione alla fonte dei danni causati dall'inquinamento e del «chi inquina paga»³.

Le prime iniziative comunitarie in materia di tutela dell'ambiente hanno luogo intorno agli anni '70. In questi anni l'azione europea si manifesta attraverso l'emanazione di specifici Programmi d'Azione per l'Ambiente (PAA). I Programmi d'Azione, emanati a partire dal 1973, rappresentano dei documenti fondamentali per l'attuazione delle politiche comunitarie in ambito di tutela ambientale. Essi hanno validità pluriennale e definiscono l'azione futura nei vari settori della politica ambientale.

Nel II Programma d'Azione per l'Ambiente del 1977, la Comunità europea introduce la necessità di predisporre delle norme che analizzino la rilevanza degli effetti che la realizzazione di determinati progetti può produrre sulle risorse ambientali.

Con l'obiettivo di garantire un'azione ambientale preventiva, questa necessità individuata nel secondo PAA è stata ripresa nella Direttiva Comunitaria n. 337 del 27 giugno 1985 *concernente la valutazione di impatto ambientale (VIA) di determinati progetti pubblici e privati* che introduce, a livello comunitario, la definizione e la determinazione delle procedure di valutazione di impatto ambientale. Essa è applicabile a tutti i progetti ancora da realizzare ma non tiene considerazione dei progetti già realizzati.

Con il IV Programma d'Azione per l'Ambiente del 1993, l'Unione Europea introduce come nuovo obiettivo quello di ridurre l'inquinamento prodotto dagli impianti industriali già operativi.

Con la Direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (Direttiva IPPC) vengono prese in considerazione la prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento causato da specifiche attività indicate nell'allegato alla Direttiva. Essa prevede “misure intese a evitare oppure, qualora non sia possibile, ridurre le emissioni delle suddette attività nell'aria, nell'acqua e nel terreno, comprese le misure relative ai

² The National Environmental Policy Act of 1969, Title 1 (“Congressional declaration of National Environmental Policy”) - Sec. 102 [42 USC § 4332].

³ Art. 174 del TCE (1957).

rifiuti, per conseguire un livello elevato di protezione dell'ambiente nel suo complesso⁴, mantenendo comunque invariate le disposizioni della precedente Direttiva 85/337/CEE. La Direttiva 96/61/CE introduce inoltre un nuovo strumento per la valutazione dell'impatto ambientale di attività industriali già esistenti, denominato Prevenzione e Riduzione Integrate dell'inquinamento (*Integrated Pollution Prevention and Control* – IPPC), con il quale è possibile verificare i potenziali effetti negativi sull'ambiente di tali impianti.

Le disposizioni introdotte con la Direttiva VIA del 1985 sono state successivamente modificate ed integrate attraverso l'emanazione della Direttiva 97/11/CE.

Questo testo inserisce alcuni nuovi aspetti nella procedura di valutazione di impatto ambientale ed amplia l'elenco dei progetti che devono essere obbligatoriamente sottoposti alla procedura di VIA, rispetto a quelli indicati nella Direttiva 337/85/CE. La Direttiva europea 97/11/CE inoltre introduce, nella fase di progettazione e valutazione dei progetti, il concetto di *sensibilità ambientale*.

La Direttiva 85/337/CEE, con successive modifiche, e la Direttiva 96/61/CE, indicano quindi le linee programmatiche da seguire per la tutela ambientale riferendosi esclusivamente a singoli progetti o interventi.

La politica ambientale comunitaria cerca invece di orientarsi sempre più verso misure di tutela riferite a contesti territoriali più vasti, che non siano cioè limitati all'individuazione dei possibili impatti ambientali delle singole azioni sul territorio, ma che rappresentino strumenti di valutazione preventiva applicabili a livello della pianificazione territoriale.

Nel 2001 l'Unione Europea definisce gli obiettivi della politica ambientale ai quali pervenire nel periodo 2002-2010 attraverso l'emanazione del VI Programma d'Azione per l'Ambiente.

Il VI Programma propone cinque gradi punti di approfondimento, che costituiscono il fulcro delle azioni specifiche da intraprendere:

- il miglioramento dell'applicazione della legislazione vigente;
- l'integrazione delle tematiche ambientali nelle altre politiche;
- la collaborazione con il mercato;
- il coinvolgimento dei cittadini, modificandone i comportamenti;
- la considerazione delle tematiche ambientali nelle decisioni in materia di assetto e pianificazione territoriale.

⁴ Art. 1 – Finalità e campi di applicazione, Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996.

Il programma, inoltre, definisce fondamentale il ruolo della pianificazione e della gestione del territorio nella complessa rete della tutela ambientale. Nel documento si trova conferma dell'importanza delle decisioni che, prese a livello locale o regionale, possono determinare il carattere e l'intensità d'uso del territorio, oltre che la consapevolezza di quelle attività che possono avere un notevole impatto sulle condizioni ambientali⁵.

Esso affronta la necessità di disporre di uno strumento normativo di tutela che, oltre ad affrontare le problematiche ambientali di progetti ed opere, tenga in considerazione le valutazioni di ordine ambientale al livello della pianificazione territoriale. Tra le azioni proposte nel Programma, vi è infatti il miglioramento dell'applicazione della direttiva sulla valutazione di impatto ambientale e l'introduzione del nuovo strumento della *valutazione ambientale strategica* con lo scopo di affrontare le implicazioni ambientali delle decisioni di pianificazione.

Le proposte inserite all'interno del VI Programma d'Azione vengono infine recepite nella Direttiva europea 2001/42/CE *concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente*, che individua nella VAS (Valutazione Ambientale Strategica) un nuovo strumento giuridico di tutela dell'ambiente che deve tener conto delle considerazioni di carattere ambientale nell'elaborazione di piani e programmi predisposti dalle autorità pubbliche.

2.1.1 Direttiva 85/337/CE (Direttiva VIA) e successive integrazioni

La Direttiva Europea 85/337/CE individua nella Valutazione di Impatto Ambientale lo strumento idoneo a rispettare i principi su cui si basano i primi tre Programmi d'Azione per l'Ambiente (rispettivamente del 1973, 1977, 1983). La procedura di VIA pone il tema della salvaguardia dell'ambiente e della salute dell'uomo al centro dei processi decisionali delle pubbliche amministrazioni degli Stati membri relativi alla realizzazione di un progetto pubblico o privato.

Per progetto si intende la "realizzazione di lavori di costruzione o di altri impianti o opere", oppure "interventi sull'ambiente naturale o sul paesaggio, compresi quelli destinati allo sfruttamento delle risorse del suolo". La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale è di carattere autorizzativo, ed è finalizzata a prevedere l'entità dell'impatto

⁵ Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento europeo, al Comitato economico e sociale e al Comitato delle regioni sul Sesto programma di azione per l'ambiente della Comunità europea "Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta"

ambientale che un progetto può indurre in considerazione della sua natura, dimensione e ubicazione.

La procedura designata nella Direttiva è finalizzata ad individuare e caratterizzare gli effetti diretti e indiretti che un determinato progetto può avere sui seguenti fattori (Art. 3):

1. l'uomo, la fauna e la flora;
2. il suolo, l'acqua, l'aria, il clima e il paesaggio;
3. l'interazione tra i fattori 1) e 2);
4. beni materiali ed il patrimonio culturale.

Secondo le impostazioni definite a livello europeo, nel procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale sono per primi coinvolti il *committente*, ovvero colui che richiede l'autorizzazione relativa ad un progetto privato oppure l'autorità pubblica nel caso si tratti di un progetto pubblico, e l'*autorità competente*, che definiscono o meno l'autorizzazione al compimento del progetto.

Il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale, così come descritto nella Direttiva 85/337/CEE, può essere schematizzato come indicato in

Figura 1.



Figura 1 - Schematizzazione della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale secondo le linee della Direttiva 337/85/CE.

Gli Allegati I e II della Direttiva suddividono i progetti in due grandi elenchi, che indicano l'entità dei progetti che formano oggetto di valutazione.

L'*Allegato I* individua nove tipologie di opere di grande rilievo per i quali la procedura di VIA è obbligatoria, di seguito indicati:

1. Raffinerie di petrolio greggio (escluse le imprese che producono soltanto lubrificanti dal petrolio greggio) nonché impianti di gassificazione e di liquefazione di almeno 500t al giorno di carbone o di scisti bituminosi;

2. Centrali termiche ed altri impianti di combustione con potenza termica di almeno 300 MW, nonché centrali nucleari e altri reattori nucleari (esclusi gli impianti di ricerca per la produzione e la lavorazione delle materie fissili e fertili, la cui potenza massima non supera 1 kW di durata permanente termica);

3. Impianti destinati esclusivamente allo stoccaggio definitivo o all'eliminazione definitiva dei residui radioattivi;

4. Acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio;

5. Impianti per l'estrazione di amianto, nonché per il trattamento e la trasformazione dell'amianto e dei prodotti contenenti amianto: per i prodotti di amianto-cemento, una produzione annua di oltre 20 000t di prodotti finiti; per le guarnizioni da attrito, una produzione annua di oltre 50t di prodotti finiti e, per gli altri impieghi dell'amianto, un'utilizzazione annua di oltre 200t;

6. Impianti chimici integrati;

7. Costruzione di autostrade, vie di rapida comunicazione, tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza, nonché aeroporti con piste di decollo e di atterraggio lunghe almeno 100 m;

8. Porti commerciali marittimi, nonché vie navigabili e porti per la navigazione interna accessibili a battelli con stazza superiore a 1350t.

9. Impianti di eliminazione dei rifiuti tossici e pericolosi mediante incenerimento, trattamento chimico o stoccaggio a terra.

Questo elenco viene è stato successivamente modificato dalla Direttiva Europea 11/97/CE, con l'ampliamento a ventuno categorie di progetti.

L'*Allegato II*, invece, indica l'elenco delle opere per le quali la Direttiva 85/337/CE non stabilisce l'obbligatorietà della Valutazione di Impatto Ambientale, che è invece rimandata alla decisione dei singoli Stati membri. I progetti sono suddivisi secondo undici macroaree:

1. Agricoltura

2. Industria estrattiva
3. Industria energetica
4. Lavorazione dei metalli
5. Fabbricazione del vetro
6. Industria chimica
7. Industria dei prodotti alimentari
8. Industria dei tessuti, del cuoio, del legno, della carta
9. Industria della gomma
10. Progetti d'infrastruttura
11. Altri progetti

Anche l'Allegato II è stato modificato dalla successiva Direttiva Europea 11/97/CE, con l'integrazione di nuove opere.

La successiva Direttiva Europea 11/97/CE, oltre che ad integrare gli elenchi dei progetti di opere pubbliche e private oggetto di Valutazione di Impatto Ambientale, introduce per la prima volta il concetto di *sensibilità ambientale* dell'area che potrebbe risentire dell'impatto dei progetti.

L'*Allegato III*, infatti, definisce i criteri di selezione da tenere presenti nella fase di valutazione del progetto. Questi sono rappresentati dalle caratteristiche dei progetti, dalla loro localizzazione e dalle caratteristiche dell'impatto potenziale.

Le caratteristiche dei progetti devono essere considerati tenendo conto, ad esempio, delle dimensioni del progetto; per quanto riguarda invece il criterio che segue la localizzazione dei progetti, deve essere considerata la sensibilità ambientale delle aree che possono risentire dell'impatto dei progetti.

La sensibilità ambientale di un'area è correlata alle seguenti caratteristiche⁶:

- utilizzazione attuale del territorio;
- ricchezza relativa, qualità e capacità di rigenerazione delle risorse naturali della zona;
- capacità di carico dell'ambiente naturale, con particolare attenzione alle seguenti zone:
 - a) zone umide;
 - b) zone costiere;
 - c) zone montuose o forestali;
 - d) riserve e parchi naturali;

⁶ Allegato III "Criteri di selezione di cui all'articolo 4, Paragrafo 3", Direttiva 11/97/CE.

e) zone classificate o protette dalla legislazione degli Stati membri; zone protette speciali designate dagli Stati membri in base alle direttive 79/409/CEE e 92/43/CEE;

f) zone nelle quali gli standard di qualità ambientale fissati dalla legislazione comunitaria sono già stati superati;

g) zone a forte densità demografica;

h) zone di importanza storica, culturale o archeologica.

Il criterio di selezione secondo il quale è necessario valutare le caratteristiche dell'impatto potenziale di un'opera o di un progetto indica infine quali potrebbero essere gli aspetti da caratterizzare per poter delineare i potenziali effetti.

2.1.2 Direttiva 2001/42/CE

L'emanazione della Direttiva Europea 2001/42/CE rappresenta l'ultimo strumento normativo europeo finalizzato ad impegnare gli Stati membri in una politica ambientale comune che tenga conto dell'importanza fondamentale della valutazione, dal punto di vista di impatto ambientale, di progetti, programmi e piani. Questa Direttiva introduce la procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) quale nuovo strumento per integrare le considerazioni di carattere ambientale nell'allestimento di piani e programmi da parte delle autorità pubbliche, nel più vasto contesto della pianificazione territoriale. La necessità di valutare i probabili effetti di piani e programmi sull'ambiente era tra l'altro già stato indicato nel V Programma d'Azione per l'Ambiente del 1993⁷.

Come riportato nel testo della Direttiva, essa ha l'obiettivo di “garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e di contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali all'atto dell'elaborazione e dell'adozione di piani e programmi al fine di promuovere lo sviluppo sostenibile, assicurando che (...) venga effettuata la valutazione ambientale di determinati piani e programmi che possono avere effetti significativi sull'ambiente”.

Con “piani e programmi” sottoposti a VAS la Direttiva intende i piani e programmi che “sono elaborati e/o adottati da un'autorità a livello nazionale, regionale o locale oppure predisposti da un'autorità per essere approvati, mediante una procedura legislativa, dal parlamento o dal governo e che sono previsti da disposizioni legislative, regolamentari o amministrative” che possono avere effetti significativi sull'ambiente.

⁷ V Programma d'Azione per l'Ambiente del 1993 “Per uno sviluppo durevole e sostenibile” per il periodo 1993-2000.

Nel caso in cui si renda necessario, per un determinato piano o programma, una valutazione del potenziale impatto, deve essere redatto un rapporto ambientale⁸ in cui sono individuati e valutati gli effetti significativi che l'attuazione del piano potrebbe comportare sull'ambiente. Il rapporto ambientale deve riportare una serie di contenuti indicati nell'Allegato I della Direttiva 2001/42/CE.

2.2 Normativa italiana di riferimento

Nell'ordinamento italiano, il primo provvedimento che introduce la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale risale alla L. n. 349/1986 "Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale", con la quale è stato istituito il Ministero dell'Ambiente. L'Art.6 della L. n. 349 fissa l'attuazione legislativa delle direttive comunitarie in materia di impatto ambientale precedentemente introdotte con la Direttiva 85/335/CE.

Le linee guida indicate dalle Direttive comunitarie 85/335/CE, 11/97/CE e 2001/42/CE sono state recepite all'interno del quadro normativo italiano nel D. Lgs. Del 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale".

2.2.1 D. Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale"

Il c.d. "Codice dell'Ambiente" affronta e riunisce le linee dettate dalle Direttive comunitarie e parzialmente recepite all'interno degli strumenti legislativi nazionale in un unico testo, organizzato in sei sezioni.

Il D. Lgs. 152 del 2006 rappresenta il decreto di attuazione della legge delega n. 308 del 2004 con la quale il Governo italiano aveva disposto il *riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale*. Al Governo era stato richiesto di emanare uno o più decreti legislativi nei seguenti settori:

- a) gestione dei rifiuti e bonifica dei siti contaminati;
- b) tutela delle acque dall'inquinamento e gestione delle risorse idriche;
- c) difesa del suolo e lotta alla desertificazione;
- d) gestione delle aree protette, conservazione e utilizzo sostenibile degli esemplari di specie protette di flora e di fauna;
- e) tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente;

⁸ Direttiva 2001/42/CE, Allegato I.

f) procedure per la valutazione di impatto ambientale (VIA), per la valutazione ambientale strategica (VAS) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC); per questa materia, si richiedeva il “completo adeguamento alla normativa europea rappresentata dalle Direttive 85/337/CEE, 97/11/CE, 2001/42/CE e la semplificazione delle procedure di VIA che dovranno tenere conto del rapporto costi-benefici del progetto dal punto di vista ambientale, economico e sociale”;

g) tutela dell'aria e riduzione delle emissioni in atmosfera.

L'attuazione della legge delega avviene nel 2006 con l'emanazione del D. Lgs. 152/2006, all'interno del quale vengono affrontati le molteplici materie ambientali suddivise nelle seguenti sezioni:

1. Disposizioni comuni
2. Procedure di valutazione ambientale strategica, per la valutazione di impatto ambientale e per l'autorizzazione ambientale integrata
3. Difesa del suolo, lotta alla desertificazione, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche
4. Gestione dei rifiuti e bonifica dei siti inquinati
5. Tutela dell'aria e riduzione delle emissioni in atmosfera
6. Tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente

Nel 2008, il D. Lgs. correttivo n. 4 ha comportato la modifica sostanziale di alcune sezioni del vigente Codice, che hanno interessato la seconda parte contenente le disposizioni in materia di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e Valutazione di Impatto Strategica (VAS).

La versione attuale del Codice affronta le tematiche di VIA e VAS nella seconda parte. Nelle disposizioni generali del Titolo 1 si definiscono oggetto, finalità e competenze delle due procedure di valutazione.

La valutazione ambientale di piani, programmi e progetti ha lo scopo di garantire che le attività antropiche siano compatibili con le condizioni per uno sviluppo sostenibile. La Valutazione ambientale di piani e programmi (VAS) ha la finalità di garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente, in modo da integrare le considerazioni ambientali nel corso dell'elaborazione e approvazione di piani e programmi; la valutazione ambientale di singoli progetti (VIA) ha come finalità principale la protezione della salute umana, il mantenimento della specie e la conservazione della capacità di riproduzione dell'ecosistema.

Relativamente alla competenza specifica della valutazione, in sede statale essa spetta al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM). In sede regionale, l'autorità competente è rappresentata dalla pubblica amministrazione che esercita funzioni di tutela, protezione e valorizzazione ambientale; in questi casi, quindi, la procedura di VIA è disciplinata dalle disposizioni delle leggi regionali o delle province autonome.

L'Art. 7, inoltre, stabilisce l'entità dei progetti diversamente sottoposti a VIA in sede statale e secondo le disposizioni delle leggi regionali. Le due categorie di progetti sono indicate negli Allegati II, III e IV.

2.3 Evoluzione della normativa sulla VIA nella Regione Toscana

Le linee programmatiche indicate all'interno del c.d. "Codice dell'ambiente" (D. Lgs. 152/2006) e dettate già dalle Direttive comunitarie sono state recepite ed elaborate all'interno delle normative regionali che disciplinano la Valutazione di Impatto Ambientale.

La Regione Toscana, con la L. R. n. 10 del 2010 definisce le norme per l'applicazione della Valutazione di Impatto Ambientale ai progetti od opere assoggettabili a tale procedimento che insistono nel territorio di competenza regionale. La L.R. 10/2010 disciplina quindi i contenuti e le procedure per la Valutazione di Impatto Ambientale relativa a progetti per la realizzazione di opere, impianti ed altri interventi di competenza regionale.

Le L.R. 10/2010 è stata recentemente modificata con la L.R. n. 17 del 2016.

La disciplina delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale nella Regione Toscana ha inizio nel 1995 con la L.R. 68/1995, che è rimasta efficace fino al 28 maggio 1999, quando è entrata in vigore la L.R. 79/1998. La L.R. 79/1998 ha regolamentato la materia fino al 12 febbraio 2009. Da questa data al 17 febbraio 2010 le procedure di Valutazione di Impatto Ambientale di competenza regionale sono state disciplinate dall'applicazione diretta del D. Lgs. 152/2006 e dalla precedente L.R. 78/1998 per le parti compatibili. Il 18 febbraio 2010 è entrata in vigore la L.R. 10/2010, che è rimasta valida fino all'ultima modifica della L.R. n. 17 del 2016 in materia di VAS, VIA ed autorizzazioni ambientali.

La L. R. n. 17/2016 modifica alcune parti della precedente legge vigente al fine di dare attuazione al trasferimento delle funzioni provinciali di cui alla L.R. 22/2015 e

contemporaneamente al fine di adeguare la disciplina regionale in materia di valutazione ambientale strategica (VAS) e di valutazione di impatto ambientale (VIA) alle modifiche successivamente intervenute al D. Lgs. 152/2006. In primis la legge n. 17/2016 modifica il titolo della L.R. n. 10/2010, che diventa “Norme in materia di valutazione ambientale strategica (VAS), di valutazione di impatto ambientale (VIA), di autorizzazione integrata ambientale (AIA) e di autorizzazione unica ambientale (AUA)”.

La L.R. n. 10/2010 prevede, all'interno dell'iter di VIA, i seguenti procedimenti:

1. Avvio della procedura di verifica di assoggettabilità (Art. 48)
2. Elaborazione di uno Studio di Impatto Ambientale (Art. 50)
3. Procedura di fase preliminare (Art. 51)
4. Procedura di valutazione di impatto ambientale (Art. 52)
5. Pronuncia del giudizio di compatibilità ambientale (Art. 57).

La fase di *verifica di assoggettabilità* è la procedura finalizzata all'accertamento dell'assoggettabilità di un'opera alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale.

La verifica di assoggettabilità è richiesta dal proponente all'autorità competente. Il proponente, in questa fase, deve fornire la seguente documentazione:

- a) il progetto preliminare dell'opera, impianto, o altro intervento;
- b) lo studio preliminare ambientale.

Lo studio preliminare ambientale è composto da una specifica relazione che accerta e motiva la conformità del progetto preliminare con le norme ambientali e paesaggistiche, nonché con i vigenti piani e programmi aventi valenza ambientale. Esso comprende inoltre uno specifico studio sugli effetti ambientali prevedibili in relazione alla realizzazione del progetto, e sulle misure necessarie per l'inserimento territoriale ed ambientale del progetto stesso.

In questa fase è richiesto inoltre uno studio nel caso in cui il progetto da realizzarsi possa avere incidenze significative su:

- 1) Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e zone speciali di conservazione (ZSC) individuati ai sensi della Direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, e delle norme statali di attuazione delle medesime;
- 2) Zone di Protezione Speciale (ZPS) individuate ai sensi della Direttiva 2009/147/CEE concernente la conservazione degli uccelli selvatici, e delle norme statali di attuazione della medesima;
- 3) Siti di Importanza Regionale (SIR) di cui alla L.R. 56/2000;

La procedura di verifica di assoggettabilità si conclude con l'espressione del parere dell'autorità competente, tenuto conto delle osservazioni pervenute e dei pareri delle amministrazioni interessate. Affinché il parere sia negativo, l'autorità deve escludere la presenza di effetti negativi significativi sull'ambiente, tali da richiedere per la loro precisa individuazione e valutazione, e per l'individuazione delle eventuali misure di mitigazione ad essi relative, l'elaborazione di uno Studio di Impatto Ambientale e lo svolgimento di una procedura di valutazione.

I progetti per i quali la verifica di assoggettabilità si è conclusa invece con esito positivo devono quindi essere sottoposti alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale e sono soggetti alla produzione di uno *studio di impatto ambientale* da parte del proponente in conformità con le indicazioni contenute nell'Allegato C alla L.R. n. 10/2010.

Lo studio di impatto ambientale, secondo le disposizioni della L.R. n. 10/2010, deve contenere⁹:

a) Descrizione del progetto

Caratteristiche, localizzazione, dimensioni, relazioni con il contesto delle norme, dei programmi, dei piani e dei vincoli;

b) Descrizione delle misure previste per evitare, ridurre e, ove possibile, compensare gli impatti negativi rilevanti;

c) Dati necessari per individuare e valutare i principali impatti sull'ambiente e sul patrimonio culturale che il progetto può produrre nelle fasi di realizzazione, di esercizio e di dismissione;

d) Descrizione sommaria delle principali alternative prese in esame dal proponente, compresa la cosiddetta opzione zero, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale;

e) Descrizione delle misure previste per il monitoraggio.

Il proponente di un progetto da sottoporre alla procedura di valutazione, al fine di definire le informazioni da includere nello studio di impatto ambientale, può richiedere all'autorità competente l'avvio della *procedura di fase preliminare*. La fase preliminare individua, previo accordo tra proponente ed Autorità competente, i contenuti dello Studio di Impatto Ambientale, oltre che l'elenco delle amministrazioni che saranno coinvolte nel procedimento di valutazione di impatto ambientale.

⁹ Art. 50 della legge regionale n. 10 del 2010.

La procedura *di valutazione di impatto ambientale* individua e descrive i possibili impatti critici del progetto sull'ambiente, e si conclude con una pronuncia circa la compatibilità ambientale dell'opera. In questa fase, il proponente di un progetto dichiarato assoggettabile a VIA richiede all'autorità competente l'avvio del procedimento, fornendo ai fini della valutazione¹⁰:

- il progetto definitivo
- lo studio di impatto ambientale
- la sintesi non tecnica
- gli eventuali esiti della procedura di verifica di assoggettabilità
- l'elenco delle amministrazioni interessate alla procedura di valutazione di impatto ambientale
- lo studio previsto nel caso in cui il progetto possa avere incidenze significative su:
 - 1) SIC e ZSC individuati ai sensi della dir. 92/43/CEE, e delle norme statali di attuazione delle medesime;
 - 2) ZPS individuate ai sensi della dir. 2009/147/CEE, e delle norme statali di attuazione della medesima;
 - 3) SIR di cui alla L.R. 56/2000;
- l'elenco delle pubbliche amministrazioni competenti al rilascio delle autorizzazioni e concessioni e all'emanazione di pareri ed ogni altra pubblica amministrazione interessata alla realizzazione del progetto.

L'autorità competente, entro centocinquanta giorni dall'inizio del procedimento, emana la *pronuncia di compatibilità ambientale* del progetto con provvedimento espresso e motivato. La pronuncia di compatibilità ambientale costituisce condizione per il rilascio del provvedimento che consente, in via definitiva, la realizzazione dei lavori.

La L.R. n. 10/2010 indica, inoltre, quali sono i progetti sottoposti alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, così come i progetti sottoposti alla procedura di verifica di assoggettabilità, di competenza della Regione, della Provincia e del Comune¹¹. Nella L.R. n. 10/2010 si introduce il concetto di *sensibilità ambientale*, all'interno dell'allegato D "Elementi di verifica per la decisione dell'autorità competente sulla possibile esclusione di un progetto dalla fase di valutazione". La sensibilità ambientale è considerata una proprietà legata alla localizzazione del progetto, caratteristica che concorre, assieme alla relazione con piani e programmi, alle caratteristiche del progetto e

¹⁰ Art. 52 della legge regionale n. 10 del 2010.

¹¹ Allegati 3 – 8 della L.R. 10/2010.

dell'impatto, alla possibile esclusione del progetto dalla procedura di valutazione di impatto ambientale (quindi all'esclusione dall'iter della procedura in seguito alla verifica di assoggettabilità).

La sensibilità ambientale delle zone geografiche che possono risentire dell'impatto del progetto dipende dalle seguenti caratteristiche¹²:

- l'utilizzazione attuale del territorio;
- la ricchezza relativa, la qualità e la capacità di rigenerazione delle risorse naturali della zona;
- la capacità di carico dell'ambiente naturale, con particolare attenzione alle seguenti zone:
 - a) zone umide;
 - b) zone costiere;
 - c) zone montuose e forestali;
 - d) riserve e parchi naturali, ivi comprese le relative aree contigue;
 - e) aree carsiche;
 - f) zone nelle quali gli standard di qualità ambientale della legislazione comunitaria sono già superati;
 - g) zone a forte densità demografica;
 - h) zone di importanza storica, culturale, paesaggistica o archeologica;
 - i) aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle acque pubbliche;
 - l) zone classificate o protette dalle norme vigenti; zone protette speciali designate in base alle direttive 79/409/CEE e 92/43/CEE;
 - m) aree a rischio di esondazione;
 - n) territori con produzioni agricole di particolare qualità e tipicità di cui all'Art. 21 del D. Lgs. n. 228/2001.

2.4 Definizione di impatto ambientale

La Valutazione di Impatto Ambientale, così come definita nelle Direttive comunitarie e nella normativa nazionale di riferimento, costituisce una procedura obbligatoria con la quale è necessario predisporre la più completa informazione sul possibile impatto che un'azione può determinare sull'ambiente. Essa rappresenta quindi uno strumento finalizzato all'informazione e alla consultazione preventiva con il quale è possibile

¹² Allegato D della L.R. 10/2010.

eeguire una serie di analisi approfondite e contestualizzare le possibili conseguenze che l'azione potrebbe provocare sul piano ambientale.

L'impatto ambientale, nella normativa italiana, è definito come "l'alterazione qualitativa e/o quantitativa, diretta e indiretta, a breve e lungo termine, permanente e temporanea, singola o cumulativa, positiva o negativa dell'ambiente, inteso come sistema di relazioni tra fattori antropici, fisici, chimici, naturalistici, climatici, paesaggistici, architettonici, culturali ed economici, in conseguenza dell'attuazione sul territorio di piani o programmi o di progetti nelle diverse fasi di realizzazione, gestione e dismissione, nonché di eventuali malfunzionamenti¹³".

La valutazione dell'entità di questi effetti, secondo la normativa di riferimento, deve essere predisposta dal proponente del progetto attraverso la redazione di uno specifico studio di impatto ambientale. All'interno di questo documento, fondamentale per la realizzazione di tutto l'iter procedurale di VIA, devono essere individuati gli elementi di criticità all'interno dell'ambiente interessato dal progetto. Di essi, è opportuno prevedere lo sviluppo futuro sia in previsione della realizzazione dell'opera, sia in previsione dell'alternativa "zero", ovvero di alcuna realizzazione.

Come specificato nel D. Lgs. 152/2006, l'ambiente è considerato come una rete di relazioni che intercorrono tra molteplici fattori, che hanno una connotazione naturalistica ed antropica.

Questa definizione di ambiente riprende e rielabora quanto stabilito nel D.P.C.M. del 27 dicembre 1988 "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità", testo normativo che disciplina la stesura di uno studio di impatto ambientale. Nell'Art.1 del Decreto, che definisce le finalità del decreto, si introducono per la prima volta il concetto di *componente e fattore ambientale*, considerati gli elementi costitutivi di un ambiente e che, per tale ragione, necessitano di essere caratterizzati in fase di valutazione ambientale.

Tali componenti e fattori ambientali sono elencati nell'Allegato I del D.P.C.M., il quale stabilisce che "*lo studio di impatto ambientale di un'opera (...) dovrà considerare le componenti naturalistiche ed antropiche interessate, le integrazioni tra queste ed il sistema ambientale preso nella sua globalità*".

¹³ Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e successiva modifica con D. Lgs. 4/2008 – Parte Seconda "Procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione di impatto ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC), Art.5.

I componenti e fattori ambientali elencati sono i seguenti:

- a) Atmosfera: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;
- b) Ambiente idrico: acque sotterranee e acque superficiali (dolci, salmastre e marine), considerate come componenti, come ambienti e come risorse;
- c) Suolo e sottosuolo: intesi sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame, ed anche come risorse non rinnovabili;
- d) Vegetazione, flora, fauna: formazioni vegetali ed associazioni animali, emergenze più significative, specie protette ed equilibri naturali;
- e) Ecosistemi: complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti, che formano un sistema unitario e identificabile (quali un lago, un bosco, un fiume, il mare) per propria struttura, funzionamento ed evoluzione temporale;
- f) Salute pubblica: come individui e comunità;
- g) Rumore e vibrazioni: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale che umano;
- h) Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale, che umano;
- i) Paesaggio: aspetti morfologici e culturali del paesaggio, identità delle comunità umane interessate e relativi beni culturali.

L'Allegato I, inoltre, specifica come condurre la caratterizzazione di ciascuna componente ambientale.

a) Atmosfera

L'obiettivo della caratterizzazione dello stato di qualità dell'aria e delle condizioni meteorologiche è quello di stabilire la compatibilità ambientale sia di eventuali emissioni, anche da sorgenti mobili, con le normative vigenti, sia di eventuali cause di perturbazione meteorologiche con le condizioni naturali.

b) Ambiente idrico

L'obiettivo della caratterizzazione dell'ambiente idrico consiste nella rappresentazione delle condizioni idrografiche, idrologiche e idrauliche dello stato di qualità e degli usi dei corpi idrici.

c) Suolo e sottosuolo

Gli obiettivi della caratterizzazione del suolo e del sottosuolo sono l'individuazione delle modifiche che l'intervento proposto può causare sulla evoluzione dei processi geodinamici esogeni ed endogeni e la determinazione della compatibilità delle azioni progettuali con l'equilibrata utilizzazione delle risorse naturali.

d) Vegetazione, flora e fauna

L'obiettivo della caratterizzazione di vegetazione, flora e fauna consiste nell'individuazione dei livelli di qualità della vegetazione, della flora e della fauna presenti nel sistema ambientale interessato dall'opera. Questa analisi è compiuta tramite lo studio della situazione presente e della prevedibile incidenza su di esse delle azioni progettuali, tenendo presenti i vincoli derivanti dalla normativa e il rispetto degli equilibri naturali.

e) Ecosistemi

L'obiettivo della caratterizzazione degli ecosistemi è l'individuazione degli effetti significativi determinati dall'opera sull'ecosistema e sulle formazioni ecosistemiche presenti al suo interno.

f) Salute pubblica

L'obiettivo della caratterizzazione dello stato di qualità dell'ambiente, in relazione al benessere ed alla salute umana, è quello di verificare la compatibilità delle conseguenze dirette ed indirette delle opere e del loro esercizio con gli standard ed i criteri per la prevenzione dei rischi riguardanti la salute umana a breve, medio e lungo periodo.

g) Rumore e vibrazioni

L'obiettivo della caratterizzazione della qualità dell'ambiente in relazione al rumore è quello di prevedere e verificare le modifiche introdotte dall'opera, valutarne la compatibilità con gli equilibri naturali e la salute pubblica da salvaguardare e con lo svolgimento delle attività antropiche nelle aree interessate.

h) Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti

La caratterizzazione della qualità dell'ambiente in relazione alle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti dovrà consentire la definizione delle modifiche indotte dall'opera, verificarne la compatibilità con gli standard esistenti e con i criteri di prevenzione di danni all'ambiente ed all'uomo.

i) Paesaggio

L'obiettivo della caratterizzazione della qualità del paesaggio con riferimento sia agli aspetti storico-testimoniali e culturali, sia agli aspetti legati alla percezione visiva, è quello di definire le azioni di disturbo esercitate dal progetto e le modifiche introdotte in rapporto alla qualità dell'ambiente.

2.5 La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

Il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale è di carattere autorizzativo ed è finalizzato, come descritto in precedenza, alla verifica della compatibilità ambientale di un determinato progetto, attraverso la caratterizzazione delle possibili conseguenze che la realizzazione del progetto potrebbe avere sull'ambiente.

Il procedimento, così come disciplinato dal D. Lgs. 152/2006, con le modifiche apportate dal D. Lgs. 4/2008, si articola in una serie di fasi.

L'iter procedurale è descritto nella parte del c.d. Codice dell'Ambiente che tratta in dettaglio la Valutazione di Impatto Ambientale (Titolo III).

La procedura di VIA comprende¹⁴:

- a) lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità;
- b) la definizione dei contenuti dello studio di impatto ambientale;
- c) la presentazione e la pubblicazione del progetto;
- d) lo svolgimento di consultazioni;
- f) la valutazione dello studio ambientale e degli esiti delle consultazioni;
- g) la decisione;
- h) l'informazione sulla decisione;
- i) il monitoraggio.

La *verifica di assoggettabilità* rappresenta la fase in cui il proponente dell'opera o dell'intervento trasmette all'Autorità competente il progetto preliminare corredato da uno studio preliminare ambientale, dei quali viene dato avviso nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana (se il progetto è di competenza statale) oppure nel Bollettino Ufficiale della regione (se il progetto è di competenza regionale) e nell'Albo Pretorio dei comuni interessati. L'Autorità competente procede a verificare se il progetto potrebbe avere possibili effetti negativi sull'ambiente.

Il progetto può quindi essere escluso dalla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, nel caso in cui l'Autorità non individui alcuni effetti negativi apprezzabili sull'ambiente, oppure dichiarato assoggettabile a tale procedura.

Lo *studio di impatto ambientale* deve essere predisposto dal proponente secondo le indicazioni dell'Allegato VII al D. Lgs. 4/2008, e deve riportare¹⁵:

¹⁴ D. Lgs. 4/2008, Titolo III, Art. 19 *Modalità di svolgimento*.

¹⁵ D. Lgs. 4/2008, Titolo III, Art. 22 *Studio di impatto ambientale*.

- a) una descrizione del progetto con informazioni relative alle sue caratteristiche, alla sua localizzazione ed alle sue dimensioni;
- b) una descrizione delle misure previste per evitare, ridurre e possibilmente compensare gli impatti negativi rilevanti;
- c) i dati necessari per individuare e valutare i principali impatti sull'ambiente e sul patrimonio culturale che il progetto può produrre, sia in fase di realizzazione che in fase di esercizio;
- d) una descrizione sommaria delle principali alternative prese in esame dal proponente, ivi compresa la cosiddetta opzione zero, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale;
- e) una descrizione delle misure previste per il monitoraggio.

I contenuti dello studio di impatto ambientale sono disciplinati dal provvedimento D.C.P.M. del 27 dicembre 1988 “Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità” (vedi Par. 2.5.1).

La presentazione dell'istanza è effettuata da parte del proponente dell'opera o dell'intervento all'Autorità competente, assieme al progetto definitivo e allo studio di impatto ambientale, oltre all'elenco delle autorizzazioni, concessioni, nulla osta (...) ¹⁶.

La fase successiva di consultazione è costituita dall'attuazione di misure di pubblicità e partecipazione. In questo modo, chiunque abbia interesse può visionare il progetto presentato così come il relativo studio di impatto ambientale e conseguentemente presentare le proprie osservazioni e pareri ¹⁷.

Tutte le osservazioni pervenute saranno considerate nella successiva fase di valutazione dell'impatto ambientale.

La consultazione potrebbe svolgersi, dietro disposizione dell'Autorità competente, attraverso un'inchiesta pubblica per l'esame dello studio di impatto ambientale, dei pareri forniti dalle pubbliche amministrazioni e delle osservazioni dei cittadini.

Tutta la documentazione acquisita dall'Autorità competente, fornita dal proponente del progetto, è sottoposta ad una verifica tecnica nella fase di valutazione dello studio di impatto ambientale e degli esiti della consultazione.

¹⁶ D. Lgs. 4/2008, Titolo III, Art. 23 *Presentazione dell'istanza*.

¹⁷ D. Lgs. 4/2008, Titolo III, Art. 24 *Consultazione*.

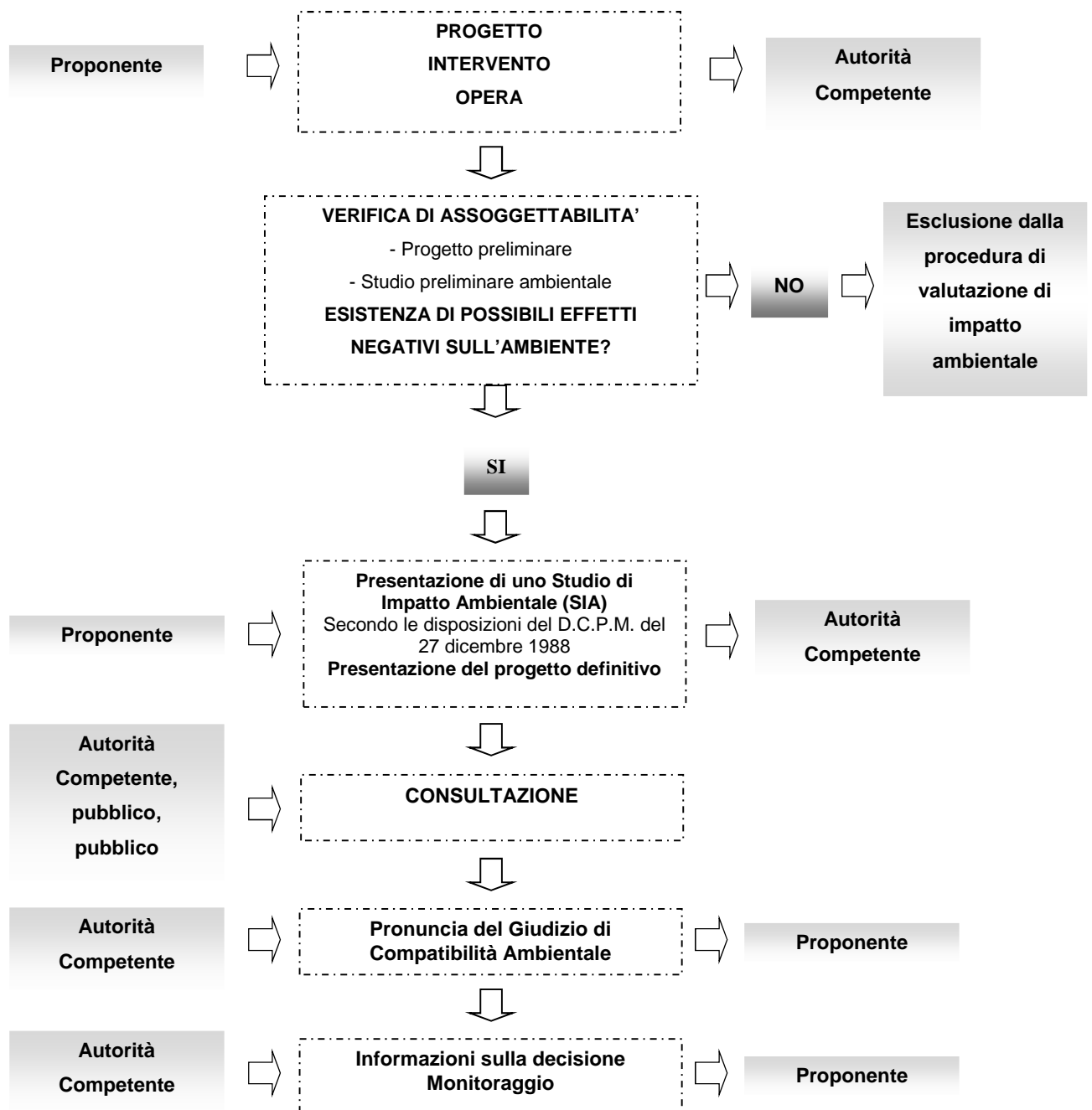


Figura 2 – Rappresentazione schematica dell'iter di valutazione di impatto ambientale secondo le disposizioni del D. Lgs. 4/2008m (modifiche al D. Lgs. 152/2006).

Il procedimento si conclude con la decisione da parte dell'Autorità competente, la quale adotta un provvedimento espresso e motivato di valutazione dell'impatto ambientale¹⁸.

¹⁸ D. Lgs. 4/2008, Titolo III, Art. 25 Valutazione dello studio di impatto ambientale e degli esiti di consultazione, Art. 26 Decisione.

La successiva fase di informazione sulla decisione prevede la pubblicazione, da parte del proponente, del provvedimento di VIA nella Gazzetta Ufficiale delle Repubblica Italiana oppure nel Bollettino Ufficiale della Regione. La decisione adottata dall'Autorità competente contiene, oltre al pronunciamento o meno di compatibilità ambientale del progetto, tutte le indicazioni per la progettazione e lo svolgimento delle attività di controllo e monitoraggio degli impatti¹⁹.

Il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale, così come disciplinato dal D. Lgs. 152/2006 e successive modifiche del D. Lgs. 4/2008, è stato schematizzato in Figura 2.

2.5.1 Norme vigenti per la redazione dello Studio di Impatto Ambientale

Il D.P.C.M del 27 dicembre 1988 stabilisce che spetta al proponente di un progetto o di un intervento la redazione di uno studio di impatto ambientale (SIA), nel quale devono essere riportate la descrizione del progetto e l'analisi delle possibili conseguenze che la realizzazione del progetto potrebbe comportare sull'ambiente in cui esso è inserito, ovvero i suoi impatti.

Secondo questo Decreto, il SIA deve essere articolato in tre parti, denominate *quadri di riferimento*:

1. Quadro di Riferimento Programmatico;
2. Quadro di Riferimento Progettuale;
3. Quadro di Riferimento Ambientale.

Il *quadro di riferimento programmatico* (QRP), come indicato nell'Art.3 del D.P.C.M., deve fornire gli elementi conoscitivi sulle relazioni tra l'opera progettata e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale, che costituiscono parametri di riferimento per l'elaborazione del giudizio di compatibilità ambientale. Il quadro di riferimento programmatico deve verificare la correttezza programmatica del progetto presentato, in relazione agli strumenti di pianificazione vigenti in quel determinato territorio.

Il *quadro di riferimento progettuale* (QRPG) fornisce in maniera dettagliata le caratteristiche dell'opera progettata, descrivendone il progetto e le soluzioni adottate a

¹⁹ D. Lgs. 4/2008, Titolo III, Art. 27 Informazioni sulla decisione, Art. 29 Monitoraggio.

seguito degli studi effettuati, l'inquadramento nel territorio, inteso come sito e come area vasta. Nel quadro di riferimento progettuale il proponente specifica le motivazioni che hanno portato alla definizione del progetto e tutte le misure, provvedimenti ed interventi che sono ritenuti opportuni ai fini di un miglior inserimento dell'opera nell'ambiente.

La descrizione del progetto deve riportare le caratteristiche dell'opera con particolare riferimento a²⁰:

- a) la natura dei beni e/o servizi offerti;
- b) il grado di copertura della domanda ed i suoi livelli di soddisfacimento in funzione delle diverse ipotesi progettuali esaminate, facendo anche riferimento all'ipotesi di assenza dell'intervento;
- c) la prevedibile evoluzione qualitativa e quantitativa del rapporto domanda-offerta riferita alla presumibile vita tecnica ed economica dell'intervento;
- d) l'articolazione delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera in fase di cantiere e di quelle che ne caratterizzano l'esercizio;
- e) i criteri che hanno guidato le scelte del progettista in relazione alle previsioni delle trasformazioni territoriali di breve e lungo periodo conseguenti alla localizzazione dell'intervento, delle infrastrutture di servizio e dell'eventuale indotto.

Nel *quadro di riferimento ambientale* (QRA), come specificato nell'Art.5 del D.P.C.M., lo studio di impatto ambientale è sviluppato secondo criteri descrittivi, analitici e previsionali. In questo quadro devono essere mostrati i possibili conflitti tra l'opera in progetto e l'ambiente, attraverso i seguenti punti:

- a) definizione dell'ambito territoriale - inteso come sito ed area vasta - e dei sistemi ambientali interessati dal progetto, sia direttamente che indirettamente, entro cui è da presumere che possano manifestarsi effetti significativi sulla qualità degli stessi;
- b) descrizione dei sistemi ambientali interessati, ponendo in evidenza l'eventuale criticità degli equilibri esistenti;
- c) individuazione delle aree, delle componenti e dei fattori ambientali e delle relazioni tra essi esistenti, che manifestano un carattere di eventuale criticità, al fine di evidenziare gli approfondimenti di indagine necessari al caso specifico;
- d) documentazione degli usi plurimi previsti delle risorse, della priorità negli usi delle medesime e degli ulteriori usi potenziali coinvolti dalla realizzazione del progetto;

²⁰ D.P.C.M del 27 dicembre 1988 "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità", Art. 4, comma 2.

e) documentazione dei livelli di qualità preesistenti all'intervento per ciascuna componente ambientale interessata e degli eventuali fenomeni di degrado delle risorse in atto.

Il quadro di riferimento ambientale quindi si articola in una prima *caratterizzazione ambientale*, attraverso l'analisi della situazione complessiva del territorio in cui si dovrà inserire l'opera, in modo da individuare gli elementi che dovranno essere analizzati e valutati nelle previsioni degli effetti legati alla realizzazione del progetto.

In questa fase devono essere individuati gli aspetti caratterizzanti dell'ambiente attraverso un'analisi sistematica, prestando particolare attenzione agli elementi di debolezza dell'ambiente, che costituiscono dei fattori critici. La caratterizzazione deve interessare le componenti naturalistiche ed antropiche, le integrazioni tra queste ed il sistema ambientale preso nella sua globalità²¹:

- a) atmosfera: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;
- b) ambiente idrico: acque sotterranee e acque superficiali (dolci, salmastre e marine), considerate come componenti, come ambienti e come risorse;
- c) suolo e sottosuolo: intesi sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame, ed anche come risorse non rinnovabili;
- d) vegetazione, flora, fauna: formazioni vegetali ed associazioni animali, emergenze più significative, specie protette ed equilibri naturali;
- e) ecosistemi: complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici che formano un sistema unitario e identificabile (es. un lago, un bosco, un fiume) per propria struttura, funzionamento ed evoluzione temporale;
- f) salute pubblica: come individui e comunità;
- g) rumore e vibrazioni: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale che umano;
- h) radiazioni ionizzanti e non ionizzanti: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale, che umano;
- i) paesaggio: aspetti morfologici e culturali del paesaggio, identità delle comunità umane interessate e relativi beni culturali

Successivamente segue la fase di indagine preliminare delle relazioni tra progetto e ambiente circostante (c.d. fase di *scoping*) che prevede l'analisi e la valutazione, per ogni componente ambientale, del suo stato attuale e della previsione del suo sviluppo senza intervento.

²¹ D.P.C.M del 27 dicembre 1988 "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità", Allegato I *Componenti e fattori ambientali*.

In questa fase devono essere individuate, all'interno del progetto, le parti che maggiormente interessano le problematiche ambientali, e che quindi devono essere affrontate. Si individuano inoltre le possibili alternative di localizzazione o alternative di progetto, ed infine le problematiche significative dal punto di vista ambientale.

La fase di *scoping* è utile all'individuazione degli aspetti critici più significativi per l'area presa in esame, che dovranno essere affrontati in maniera preferenziale nello studio degli impatti. Ciascuna componente ambientale, nello studio degli impatti, deve essere quindi caratterizzata in previsione della realizzazione del progetto, mettendo in evidenza le previsioni (effetti positivi e negativi), gli scenari futuri e le valutazioni indotte dalle modifiche apportate dall'opera sul territorio. In Figura 3 è schematizzata l'articolazione dello studio di impatto ambientale, così come disciplinata dal D.P.C.M. del 1988.

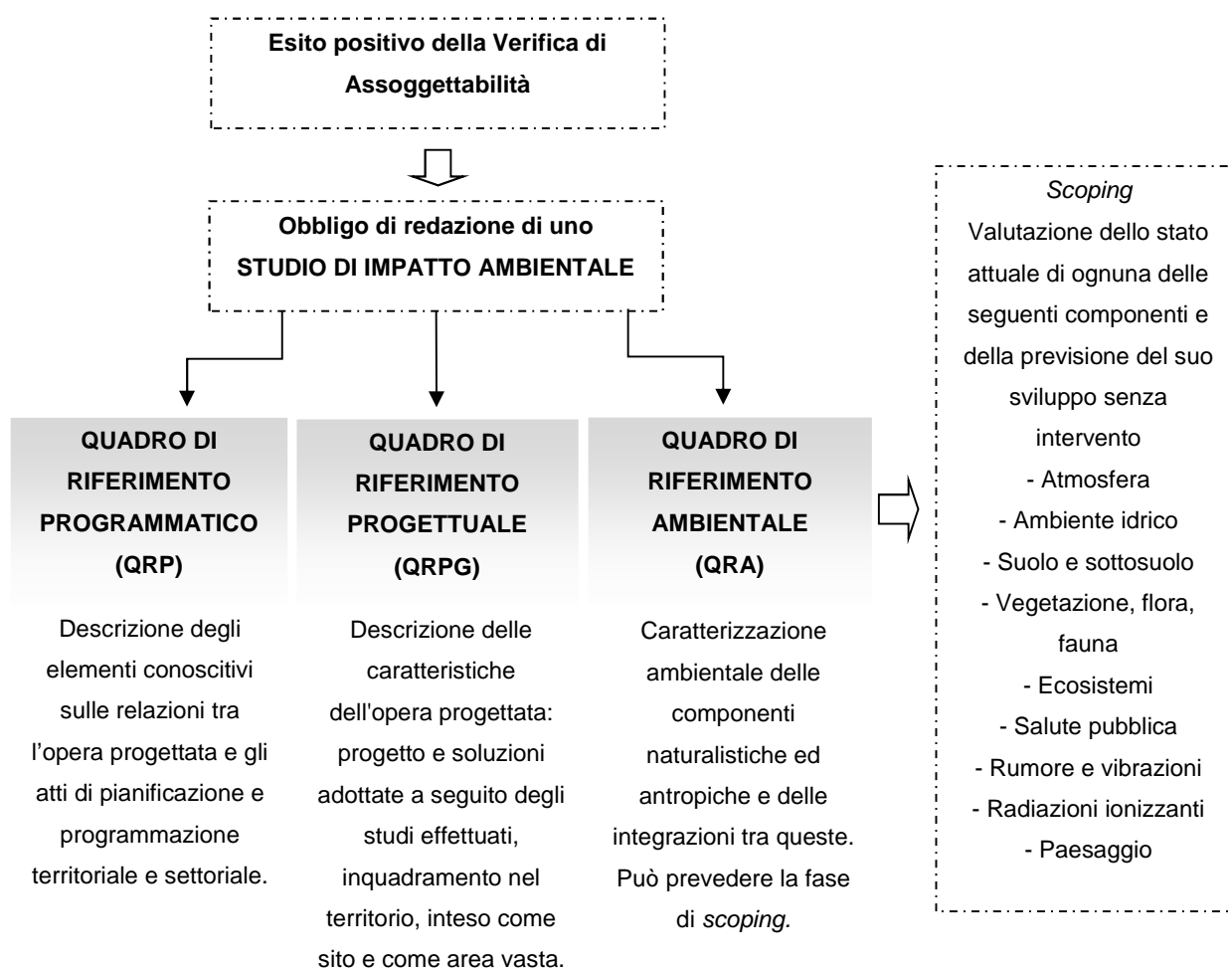


Figura 3 – Schematizzazione dei contenuti di uno Studio di Impatto Ambientale (SIA) secondo le disposizioni del D.C.P.M. del 27 dicembre 1988.

Lo studio di impatto ambientale, considerando i vincoli programmatici del territorio e le caratteristiche specifiche del progetto, deve quindi essere in grado di fornire elementi per

valutare, da un punto di vista qualitativo e quantitativo, gli impatti che potrebbero essere indotti sull'ambiente in seguito alla realizzazione, esercizio ed eventuale smantellamento dell'opera.

CAPITOLO 3

APPLICAZIONE DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI AL PROCEDIMENTO DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

3.1 Utilità dei Sistemi Informativi Geografici alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

Un Sistema Informativo Geografico si fonda su una base di dati georeferiti, ovvero caratterizzati da una dimensione spaziale ed in grado di immagazzinare informazioni di natura spaziale.

L'approccio metodologico scelto nel presente lavoro prevede la realizzazione di una base di dati relazionale di supporto al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale. Ai fini della progettazione della base di dati, si prenderà in considerazione un caso studio realmente sottoposto a VIA, per il quale è stato prodotto dal committente del progetto uno Studio di Impatto Ambientale.

Dall'analisi dettagliata della normativa è stata dedotta la potenziale utilità di uno strumento di supporto basato sull'applicazione dei Sistemi Informativi Geografici nella fase di redazione dello Studio di Impatto Ambientale. La base di dati che si vuole progettare prevede di realizzare una valutazione integrata, attraverso l'identificazione di specifici tematismi che caratterizzano un ambito territoriale. Secondo questo approccio, si propone di individuare potenzialità e attitudini dell'ambiente e di determinare i vincoli e i fattori limitanti alla realizzazione di un'opera o di un intervento in relazione alle sue caratteristiche e allo stato delle sue risorse.

Questo tipo di valutazione secondo *overlay* tematici, basati sull'applicazione della base di dati che si vuole progettare, contribuirà ad evidenziare la distribuzione spaziale di zone a diversa *sensibilità ambientale*, valutando cioè l'attitudine dell'ambiente alla localizzazione di quel determinato progetto.

Il metodo di valutazione per *overlay* di tematismi presenta però lo svantaggio determinato dalla complessità e dalla mole di dati tematici da considerare. La base di dati servirà quindi ad organizzare l'insieme dei dati provenienti da differenti fonti.

Nel presente lavoro si è proceduto alla creazione di una base di dati geografica e all'implementazione di essa, ed in seguito all'applicazione di essa ad un caso di studio realmente sottoposto ad uno Studio di Impatto Ambientale.

La base del lavoro è consistita quindi nella progettazione della base di dati, fondamento di un Sistema Informativo Geografico.

In questo Capitolo si affrontano i principi della costruzione di basi di dati e le varie fasi di cui si compone la progettazione di un Sistema Informativo Geografico.

3.2 Caratteristiche di un Sistema Informativo Geografico

Il termine *dato*, dal latino "*datum*", significa letteralmente *fatto*. In ambito informatico, al dato viene attribuito un significato al fine di rappresentare un determinato aspetto o fenomeno della realtà di interesse. Il risultato di un'elaborazione di dati fornisce invece un'*informazione*, che apporta una conoscenza ulteriore della realtà.

Secondo questa premessa, un Sistema Informativo può essere definito come un sistema basato su una collezione di dati (*base di dati* o *database*) dalla cui elaborazione poter derivare una o più informazioni.

Le tipologie di dati che possono essere raccolti all'interno di un sistema informativo sono molteplici. I dati possono infatti presentarsi in forma testuale, numerica, immagini ecc. che assumono un determinato significato se inseriti in determinati contesti.

I sistemi informativi si classificano, in relazione alla tipologia di dati trattati, in sistemi informativi non spaziali e sistemi informativi spaziali.

Alla prima categoria (sistemi informativi non spaziali) appartengono i sistemi informativi che contengono dati di tipologia alfanumerica privi di qualsiasi riferimento ad una dimensione spaziale.

Nella seconda categoria (sistemi informativi spaziali) sono invece catalogati i sistemi informativi che contengono dati georeferenziati, quindi spazialmente collocati, e che possono essere denominati sistemi informativi territoriali o geografici (*Geographic Information System*).

Un sistema informativo geografico, per poter soddisfare la prima finalità di elaborare delle informazioni, deve poter garantire alcune indispensabili funzioni, quali:

- l'inserimento dei dati e la loro verifica
- l'immagazzinamento e la gestione dei dati
- la presentazione dei dati
- la trasformazione dei dati
- l'interazione con l'utente per garantire l'aggiornamento e la manutenzione dei dati

All'interno di un sistema informativo le funzionalità sopra citate sono garantite grazie alla presenza di specifici software che consentono la memorizzazione e l'elaborazione dei dati, ovvero sistemi di gestione del database. Questi strumenti sono denominati DBMS (*Data Base Management Systems*) e costituiscono il nucleo del funzionamento di un sistema informativo geografico.

Un DBMS è un sistema per la gestione e l'elaborazione automatizzata di basi di dati, ed è costituito da un insieme di dati tra loro correlati e da tutte le procedure necessarie per accedere ai dati ed eseguire operazioni su di essi. Un DBMS risulta perciò costituito da una raccolta di software che contribuiscono a gestire la struttura della base di dati sulla quale si fonda un sistema informativo geografico e controlla l'accesso ai dati che sono immagazzinati nel database. Nell'ambito del processo di sviluppo di un sistema informativo, un aspetto chiave è rappresentato quindi dalla fase di progettazione di una base di dati. Questa fase si inserisce all'interno di un ciclo di vita più esteso (Atzeni et al., 2000), che definisce le molteplici fasi delle quali si compone il processo di sviluppo di un sistema informativo. Il cosiddetto ciclo di vita di un sistema informativo può essere considerato come organizzato nelle attività mostrate in Figura 4.

Lo *studio di fattibilità* rappresenta la fase preliminare nella quale si provvede alla definizione delle priorità di realizzazione delle varie componenti del sistema informativo, valutando inoltre i costi dello sviluppo del sistema e le alternative possibili.

A questa fase segue quella di raccolta ed *analisi dei requisiti*, nella quale devono essere individuate le caratteristiche principali, le funzionalità e le necessità alle quali il sistema informativo dovrà provvedere. In questa fase si descrivono i dati coinvolti e le operazioni previste su di essi.

Nella successiva fase di *progettazione* si provvede alla costruzione dello schema rappresentativo del sistema informativo, seguendo in maniera sequenziale i diversi livelli di astrazione della realtà di interesse.



Figura 4 - Attività che caratterizzano il ciclo di vita di un sistema informativo (modificato da Atzeni et al., 2000).

Ad essa segue la fase di *implementazione* del sistema, secondo la struttura e le caratteristiche delineate nella precedente fase di progettazione, che comporta la realizzazione fisica del sistema informativo attraverso la costruzione della base di dati e il relativo popolamento. Il corretto funzionamento e la qualità del sistema informativo devono essere verificate in fase di *validazione e collaudo*, al fine di rendere il sistema operativo in fase di *funzionamento*.

Il processo indicato in Figura 4 raramente si svolge in maniera sequenziale. Durante l'esecuzione delle varie attività, infatti, può rendersi necessario rivedere le decisioni prese nelle fasi precedenti, come in una sorta di ciclo di attività.

3.3 Aspetti principali delle basi di dati

Come descritto nel paragrafo precedente, un sistema informativo è basato sui dati. Una delle componenti fondamentali di un sistema informativo è quindi rappresentata dalla *base di dati*, definibile come una collezione di dati che rappresentano diversi aspetti della realtà.

Un sistema informativo possiede, tra le caratteristiche principali, quella di organizzare e gestire una grande mole di dati all'interno di una struttura costruita ad hoc per una determinata finalità. Esso deve infatti poter gestire due aspetti fondamentali relativi alla gestione del dato, che sono:

- la possibilità di *organizzare* i dati di interesse
- la possibilità di svolgere *operazioni* su tali dati, quali l'acquisizione, l'archiviazione, l'elaborazione

Per gestire ed utilizzare grandi insiemi di dati, come specificato precedentemente, è necessario impiegare un sistema di gestione denominato *Database Management System*, o DBMS. L'obiettivo principale di un DBMS consiste nel creare un'efficiente memorizzazione delle informazioni contenute in un database, consentendone la loro rielaborazione.

Una base di dati opera un processo di *astrazione* dei dati in essa contenuti (Figura 5).

Il processo di astrazione dei dati agisce su più livelli:

➤ Livello concettuale

È il massimo livello di astrazione. L'astrazione dei dati a livello concettuale descrive quali sono le informazioni necessarie ai fini della costruzione della base di dati e introduce alle possibili associazioni tra i dati.

➤ Livello logico

È il livello intermedio di astrazione. L'astrazione a livello logico descrive nel dettaglio le relazioni che intercorrono tra i dati.

➤ Livello fisico

È il livello più basso di astrazione. L'astrazione dei dati a livello fisico descrive come essi sono memorizzati all'interno del database.

I livelli di astrazione di un DBMS possono essere descritti attraverso un opportuno modello, ovvero un insieme di strumenti che descrivono i dati, le loro relazioni e i vincoli di consistenza sui dati.

Un modello costituisce una rappresentazione degli aspetti rilevanti della realtà che occorre implementare all'interno della base di dati. Esso rappresenta quindi un'interpretazione dell'insieme delle peculiarità della realtà che le informazioni, fornite dai dati, vogliono descrivere.

Tenendo conto quindi dei tre livelli di astrazione dei dati precedentemente citati, esistono tre modalità con le quali è possibile delineare un modello dei dati:

- Modello concettuale
- Modello logico
- Modello fisico

I diversi modelli per la rappresentazione dei dati corrispondono ad altrettante fasi della progettazione di una base di dati.

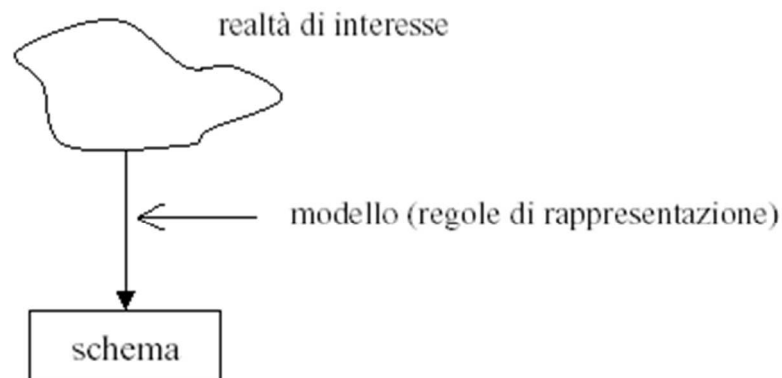


Fig. 2.2 Realtà/modello/schema

Figura 5 - Principio della modellazione della realtà in una base di dati (modificato da Atzeni et al., 2000).

In ciascun modello, le regole definiscono una specifica rappresentazione denominata schema. Una base di dati può quindi essere rappresentata, nei tre diversi livelli di astrazione, attraverso tre tipologie di schema: *schema concettuale*, *schema logico* e *schema fisico*.

3.4 Progettazione di una base di dati

Costruire una base di dati significa progettare lo schema con il quale organizzare i dati e le procedure di accesso ad essi.

Una metodologia consolidata di costruzione di una base di dati prevede lo svolgimento di tre fasi principali da effettuare a cascata, e si fonda su un principio efficace: separare in maniera netta la fase in cui si decide cosa rappresentare in una base di dati dalla fase in cui si sceglie come farlo (Atzeni et al. 2000).

Gli step che compongono la fase di progettazione di una base di dati, secondo il principio di distinzione tra il “cosa progettare” e il “come progettare”, sono strettamente connesse ai differenti livelli di astrazione dei dati precedentemente descritti: è prevista quindi una fase di progettazione concettuale, una fase di progettazione logica ed una fase di progettazione fisica.

3.4.1 Le fasi della progettazione

La fase di progettazione prevede l'elaborazione di opportuni schemi rappresentativi della realtà di interesse, ognuno con determinate caratteristiche che dipendono dal livello di astrazione al quale si fa riferimento.

La fase di progettazione può essere scomposta in tre processi che definiscono singolarmente un determinato schema della base di dati e un determinato modello.

La prima fase che viene eseguita nella costruzione di una base di dati è la cosiddetta *progettazione concettuale*. Questo tipo di progettazione, il cui schema corrisponde al più alto livello di astrazione, si pone come obiettivo la rappresentazione della realtà di interesse in maniera indipendente da qualsiasi specifico DBMS e quindi non tiene conto di alcun aspetto implementativo (Atzeni et al., 2000). Nello schema concettuale non è necessario infatti stabilire *come* rappresentare gli aspetti principali all'interno della base di dati, ma è sufficiente definire *cosa* rappresentare all'interno di essa.

La fase di *progettazione logica* prevede la traduzione dello schema concettuale precedentemente elaborato nel modello scelto dal sistema di gestione di basi di dati a disposizione (Atzeni et al., 2000). Il modello logico, a cui fa riferimento lo schema logico della base di dati, descrive i dati con una rappresentazione indipendente dalle proprietà fisiche del dato (che non vengono ancora definite e sono oggetto della progettazione fisica).

Nella terza fase di *progettazione fisica*, lo schema logico viene implementato specificando i parametri fisici di memorizzazione dei dati allo scopo di produrre uno schema fisico di rappresentazione, che fa riferimento ad un modello fisico dei dati. Il modello fisico dipende dallo specifico DBMS scelto per l'organizzazione dei dati (Figura 6).

Progettazione concettuale

In fase di progettazione concettuale si stabilisce quali dati rappresentare, quindi, il "cosa", ovvero il contenuto informativo della base di dati, senza tener conto né delle modalità con le quali codificare le informazioni né della tipologia di software che dovrà essere impiegato per l'implementazione fisica del database.

Il modello concettuale che deriva da questa prima fase di progettazione descrive esclusivamente gli aspetti chiave della realtà di interesse e la tipologia di relazioni che intercorrono tra essi. Un modello di riferimento spesso utilizzato in fase di progettazione

concettuale è il modello *Entity-Relationship* (o modello Entità-Relazione), la cui ideazione si deve a Peter Chen (1977) il quale ne formalizzò la tecnica e la notazione grafica.

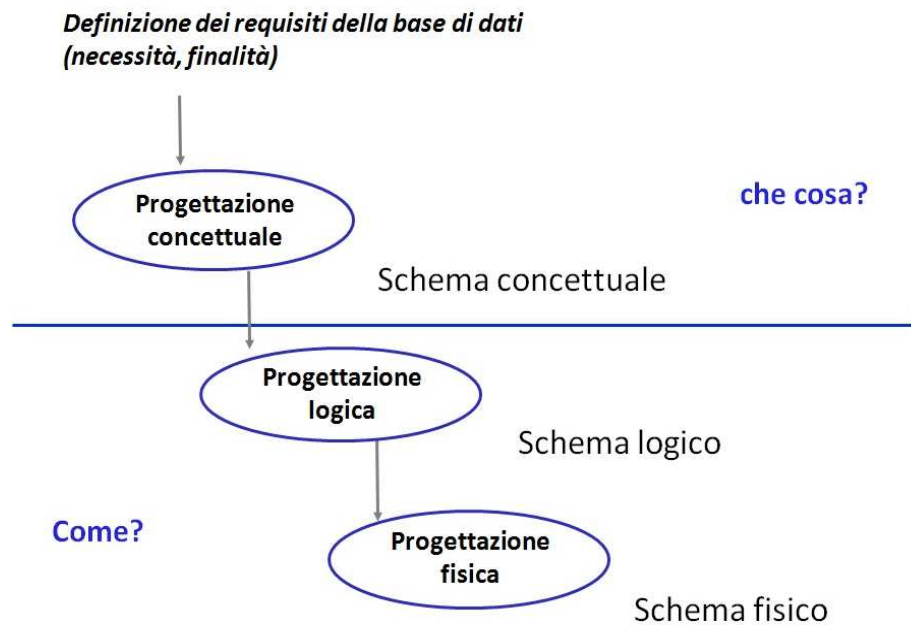


Figura 6 - Sequenza delle fasi nella progettazione di una base di dati.

Il modello *Entity-Relationship* ha una rappresentazione grafica denominata diagramma E-R, che permette di descrivere i dati rappresentativi della realtà di interesse in termini di entità e delle loro relazioni in maniera indipendente dal tipo di database utilizzato e dai criteri di rappresentazione usati dai DBMS.

Il modello E-R si fonda su una serie di costrutti, di seguito elencati:

- Entità
- Relazione
- Attributo
- Cardinalità di relazione
- Cardinalità di attributo
- Identificatori di entità

I costrutti di base dello schema sono l'entità e la relazione.

L'*entità* rappresenta un concetto significativo per la realtà che si vuole descrivere con la base di dati e per il quale esiste la necessità di raccogliere informazioni (es. fenomeni, persone). Un'entità è un insieme di oggetti che hanno proprietà comuni e può essere

rappresentata in maniera generica da una categoria di cose, ed ogni occorrenza di una entità è denominata *istanza*.

Si definisce *relazione* un qualsiasi legame logico tra due o più entità, ovvero un'associazione significativa per la base di dati che si vuole progettare. La relazione è individuata in maniera univoca da un nome ed è rappresentata graficamente da un rombo che reca all'interno il nome della relazione.

Una entità può partecipare a diverse relazioni, oppure a nessuna; una relazione è invece sempre stabilita tra due o più entità.

Le proprietà di entità o relazioni sono descritte dagli *attributi*.

Un attributo associa ad ogni istanza di entità un valore di una determinata proprietà o caratteristica. Tutte le istanze di una determinata entità possiedono gli stessi attributi.

I valori ammessi per un attributo sono definiti da un determinato insieme denominato *dominio*. Un attributo può essere obbligatorio, ovvero noto e presente per ciascuna istanza, oppure libero (o opzionale), cioè sconosciuto o non noto per tutte le istanze.

Per ciascuna entità che partecipa ad una relazione deve essere specificata la *cardinalità*, ovvero il numero minimo e massimo di occorrenze di relazione a cui le istanze coinvolte possono partecipare (Atzeni et al., 2000). La cardinalità esprime quindi quante volte, in una relazione tra due o più entità, una istanza di queste entità può essere relazionata ad istanze di altre entità coinvolte nella relazione. La cardinalità è espressa con una coppia di numeri tra parentesi, i quali indicano rispettivamente la cardinalità minima e la cardinalità massima (Figura 7).

Per descrivere le cardinalità, è sufficiente utilizzare solo tre valori: zero, uno, N.

- Cardinalità minima 0

La partecipazione dell'entità alla relazione è opzionale.

- Cardinalità minima 1

La partecipazione dell'entità alla relazione è obbligatoria.

- Cardinalità massima 1

Ad ogni istanza di un'entità che partecipa alla relazione è associata una sola istanza, o nessuna, dell'altra entità.

- Cardinalità massima N

La partecipazione dell'entità alla relazione con un numero arbitrario di occorrenze dell'altra entità.

In dipendenza dal valore di cardinalità massima, è possibile classificare le relazioni binarie in base al tipo di corrispondenza tra le istanze delle entità che partecipano alla

relazione. Si distinguono perciò relazioni 1 a 1 (uno-a-uno, per cardinalità massima pari a 1 per entrambe le entità), relazione 1 a N (uno-a-molti, per cardinalità massima pari a 1 e N) e relazioni N a N (molti-a-molti, per cardinalità massima pari a N per entrambe le entità).



Figura 7 - Esempio grafico di relazione molti – a – molti tra due entità (modificato da Atzeni et al., 2000).

Relativamente agli attributi, la cardinalità esprime quanti valori possono essere assunti dagli attributi. Generalmente la *cardinalità di un attributo* è pari a (1,1) e viene perciò omessa (Atzeni et al., 2000). La cardinalità di attributo (1,1) indica che quell'attributo è obbligatorio ed ammette un solo valore.

Sulla base della cardinalità, gli attributi si possono classificare in:

- Attributi opzionali: cardinalità minima \rightarrow zero
- Attributi monovalore: cardinalità massima \rightarrow uno
- Attributi multivalore: cardinalità massima \rightarrow N

Si definisce *identificatore di entità* uno specifico attributo di entità che consente di individuare in maniera univoca le istanze dell'entità. Gli identificatori di entità prendono il nome di *chiavi* nella successiva fase di progettazione logica.

Progettazione logica

La fase di progettazione logica consiste nella traduzione dello schema concettuale precedentemente elaborato secondo le strutture di rappresentazione proprie del DBMS. L'obiettivo della progettazione logica consiste quindi nel rappresentare gli stessi dati, portati al massimo livello di astrazione nello schema concettuale, in maniera completa in un modello logico caratteristico del DBMS scelto.

In questa fase la traduzione da modello concettuale (generalmente descritto dallo schema E-R) a modello logico non avviene in maniera automatica, poiché nella maggior parte dei casi è necessario eseguire una sorta di ristrutturazione dello schema concettuale. La ristrutturazione dello schema concettuale in previsione di una modellazione logica si pone

lo scopo di semplificare il procedimento di traduzione, dato che alcuni costrutti dello schema concettuale possono non avere una naturale traduzione nel modello logico.

Una volta operata la fase di ristrutturazione, attraverso attività quali ad esempio l'eliminazione delle ridondanze o l'individuazione degli identificatori primari, è possibile procedere alla costruzione del modello logico della base di dati.

A questo punto si pone la scelta del modello logico di dati più opportuno. All'interno dell'ampia teoria delle basi di dati, si individuano tre principali tipologie di modelli logici:

- modello logico gerarchico
- modello logico reticolare
- modello logico relazionale

In generale, il modello logico di una base di dati fornisce la descrizione concreta dei contenuti della base di dati, e non necessita di conoscere il particolare DBMS che sarà scelto in fase di progettazione fisica, ma solo la categoria a cui appartiene.

Prima della diffusione del modello relazionale, i modelli logici utilizzati per le basi di dato erano il modello gerarchico e il modello reticolare.

L'evoluzione subita dai DBMS ha inizio con il modello gerarchico, introdotto sul mercato da IBM. In una base di dati con schema gerarchico la struttura di dati è composta da un insieme di archivi, costituiti da record chiamati segmenti. I segmenti sono in rapporto gerarchico tra loro attraverso legami *padre – figlio* (Kamfonas, 1992).

Il modello gerarchico è caratterizzato da una struttura a albero in cui si individua un segmento principale, il padre, da cui dipendono n segmenti figli. A sua volta, i segmenti figli possono diventare padri per altri figli (Figura 8). Nella struttura di un modello gerarchico, un segmento figlio può avere un solo segmento padre.

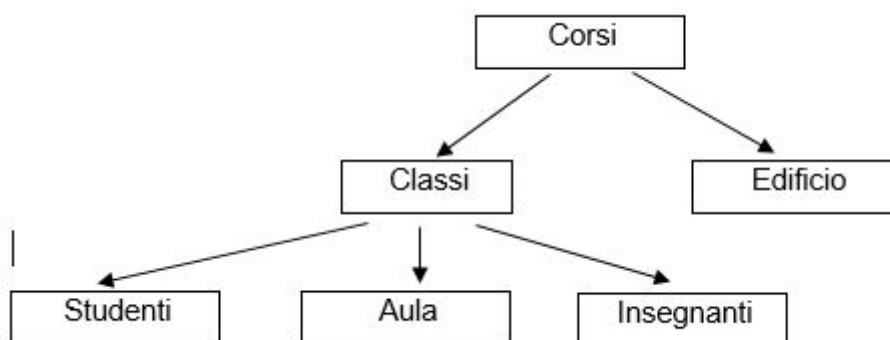


Figura 8 - Esempio di schema gerarchico di base di dati (modificato da Kamfonas, 1992).

Nel modello reticolare le strutture di dati sono rappresentate dal record e il set, che permette di correlare record tramite catene di puntatori.

Nello schema di una base di dati reticolare contiene tipi record collegati tra loro da tipi set (Figura 9). Il modello reticolare deve il nome al fatto che ogni suo schema può essere rappresentato tramite un grafo, o rete, in cui i tipi record costituiscono i nodi e i tipi set rappresentano gli archi.

Il tipo record è un tipo di dato composto a cui è associato un nome e costituito da un insieme di campi. Un tipo set rappresenta un legame logico tra due o più tipi record distinti denominati rispettivamente *owner* e *member* del tipo set. Una base di dati reticolare è costituita da un insieme di occorrenze di record per ciascun tipo record e da un insieme di occorrenze di set per ciascun tipo set.

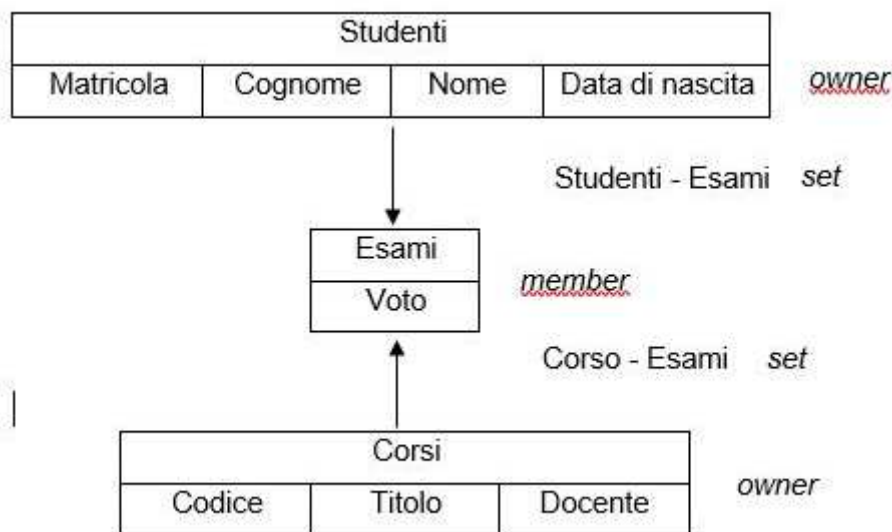


Figura 9 - Esempio di schema reticolare di base di dati (modificato da Atzeni et al., 2009).

La definizione del modello logico relazionale si deve a E.F. Codd (1970). Il modello si basa sul concetto matematico di *relazione*, la cui rappresentazione schematica avviene per mezzo di tabelle, e sul concetto di *tabella* (Atzeni et al., 2000).

Nei primi sviluppi dei DBMS, i modelli di dati più utilizzati erano il modello gerarchico e il modello reticolare. Allo stato attuale, sono invece i modelli di basi di dati relazionali i più utilizzati²².

Una base di dati con struttura relazionale è rappresentata da una collezione di tabelle, ognuna delle quali è contraddistinta da un nome univoco.

Il modello relazionale si fonda su una serie di costrutti fondamentali, di seguito elencati:

- Relazione

²² DBMS commerciali ed open source che supportano la modellazione logica secondo DB relazionali sono ad esempio Oracle, MySQL, PostgreSQL.

- Attributo
- Dominio
- Tupla
- Vincoli di integrità

Nel modello relazionale, il concetto di *relazione* è diverso da quello di relazione (o associazione) tra entità presente nella modellazione concettuale dello schema E-R: la relazione ha un significato algebrico, si parla perciò di relazione matematica.

In matematica, considerati due insiemi D_1 e D_2 , si definisce prodotto cartesiano $D_1 \times D_2$ l'insieme delle coppie ordinate (v_1, v_2) , in cui v_1 è un elemento di D_1 e v_2 è un elemento di D_2 (Atzeni et al., 2000).

Una relazione r è un sottoinsieme del prodotto cartesiano $D_1 \times D_2$, in cui gli insiemi D_1 e D_2 rappresentano i domini della relazione.

$$\begin{array}{l}
 D_1 = \{1,2,3\} \\
 D_2 = \{1,3,5\}
 \end{array}
 \quad \Rightarrow \quad
 \begin{array}{l}
 D_1 \times D_2 = \{(1,1), (1,3), (1,5), (2,1), (2,3), (2,5), (3,1), (3,3), \\
 (3,5)\} \\
 r \subseteq D_1 \times D_2
 \end{array}$$

Le definizioni di prodotto cartesiano e relazione matematica possono essere generalizzate rispetto al numero di insiemi. Dati un numero $n > 0$ di insiemi D_1, D_2, \dots, D_n , il prodotto cartesiano di D_1, D_2, \dots, D_n , indicato con $D_1 \times D_2 \dots \times D_n$, è costituito dall'insieme delle n-uple (v_1, v_2, \dots, v_n) tali che v_i appartiene a D_i , per $1 \leq i \leq n$. Una relazione matematica sui domini D_1, D_2, \dots, D_n è quindi un sottoinsieme del prodotto cartesiano $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$, in cui non c'è ordinamento tra le n-uple. Il numero n di componenti del prodotto cartesiano costituisce il *grado* della relazione; il numero di elementi della relazione (cioè il numero di n-uple) della relazione rappresenta invece la *cardinalità* della relazione (Atzeni et al., 2000).

Una relazione è un insieme di record omogenei, che risultano cioè definiti sugli stessi campi. Ad ogni campo è associato un nome e, ad ogni occorrenza di dominio della relazione può essere associato un nome, che rappresenta un *attributo*. Nella rappresentazione grafica tabellare, gli attributi rappresentano i nomi delle colonne, quest'ultime diverse l'una dall'altra. In una tabella, l'ordinamento delle colonne, ovvero degli attributi, è irrilevante e non concorre alla caratterizzazione della relazione (Figura 10).

Il *dominio* stabilisce l'insieme dei valori che possono essere assunti dagli attributi della relazione.

Una relazione può essere rappresentata graficamente in forma di tabella. Si definisce *tupla* (o record) una qualsiasi riga della tabella.

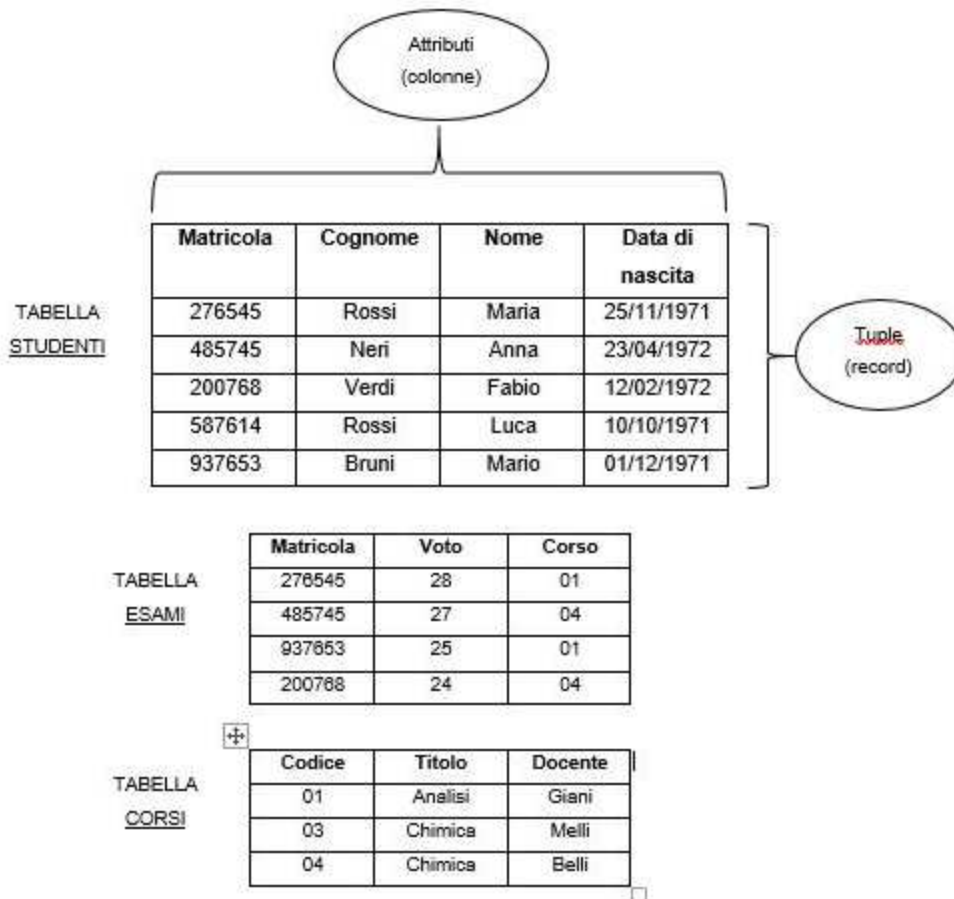


Figura 10 - Esempio di base di dati relazionale (modificato da Atzeni et al., 2000)

In una base di dati relazionale, un *vincolo di integrità (constraint)* rappresenta una proprietà che deve essere soddisfatta dalle istanze al fine di produrre un'informazione corretta per l'applicazione, basata su dati integri.

I vincoli di integrità si distinguono in base agli elementi della base di dati che vi sono coinvolti. I *vincoli intrarelazionali* coinvolgono una singola relazione della base di dati, mentre i *vincoli interrelazionali* coinvolgono due o più relazioni.

Tra i vincoli intrarelazionali, i principali sono i vincoli di tupla e i vincoli di chiave.

Un *vincolo di tupla* definisce le condizioni per cui la base di dati si ritiene corretta sui valori di ciascuna tupla, indipendentemente dalle altre tuple (Atzeni et al., 2000).

I *vincoli di chiave* sono tra i costrutti più importanti nel modello relazionale. Con chiave si definisce un attributo o una combinazione di attributi che identifica in maniera univoca

una relazione. La chiave primaria (*primary key – PK*) di una relazione è rappresentata da quell'attributo che identifica univocamente tutte le tuple e che non può assumere valori nulli. Nel caso in cui non sia possibile individuare, in una determinata relazione, un attributo con queste caratteristiche, è necessario introdurre un attributo aggiuntivo, come ad esempio un codice numerico, che deve essere assegnato a ciascuna tupla nel momento dell'inserimento. Nella base di dati relazionale di Figura 10 ad esempio, l'attributo "Matricola" costituisce la chiave primaria della relazione "Studenti".

Tra i vincoli interrelazionali, quelli di maggior interesse sono i cosiddetti vincoli di integrità referenziale. Secondo la definizione proposta da Atzeni et al. (2000), un vincolo di integrità referenziale (*foreign key – FK*, o *referential integrity constraint*) tra un insieme di attributi X di una relazione R_1 e un'altra relazione R_2 è soddisfatto se i valori su X di ciascuna tupla dell'istanza di R_1 compaiono come valori della chiave primaria dell'istanza di R_2 .

Le caratteristiche di una base di dati relazionale, definite da E.F. Codd (1970), sono le seguenti:

- tutti i dati devono essere rappresentati in forma di tabelle
- tutti i dati devono essere atomici, ovvero ogni cella di una tabella deve contenere un solo valore
- è ammessa la riorganizzazione delle tuple senza che il significato delle loro relazioni cambi (l'ordinamento delle righe quindi è irrilevante);
- non sono ammessi duplicati delle tuple

Affinché una relazione sia correttamente rappresentata da una tabella, è necessario inoltre che si verifichino le seguenti condizioni:

- i nomi delle colonne della tabella, ovvero gli attributi, sono diverse tra loro
- i valori assunti da ogni singolo attributo sono tra loro omogenei
- l'ordinamento degli attributi è irrilevante

La rappresentazione logica dei dati in un modello relazionale non fa alcun riferimento a quella fisica, che può anche cambiare nel tempo: il modello relazionale permette infatti di ottenere l'indipendenza fisica dei dati.

La fase di *progettazione fisica* coincide con il completamento dello schema logico seguendo i dettagli dell'implementazione fisica di uno specifico DBMS. In questa fase lo schema logico viene tradotto all'interno di uno specifico DBMS e vengono definite le strutture fisiche di immagazzinamento dei dati e le effettive definizioni delle relazioni.

Nel caso di un modello relazionale di base di dati, la fase di progettazione fisica consiste nella modellazione “fisica” delle tabelle nelle quali saranno memorizzati i dati.

CAPITOLO 4

IL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DELL'EX AREA MINERARIA DI SANTA BARBARA (AR)

4.1 La coltivazione mineraria nel comprensorio di S. Barbara

Nel Valdarno Superiore l'attività estrattiva di lignite su scala industriale ebbe inizio nella seconda metà del XX secolo, con l'avvio dell'utilizzazione della lignite estratta da piccole miniere a cielo aperto, laddove erano presenti affioramenti ai margini del banco lignifero. Successivamente l'attività proseguì mediante la coltivazione in sotterraneo. La coltivazione mineraria ha storicamente interessato i territori dei comuni di Cavriglia (nella provincia di Arezzo) e di Figline Valdarno (nella provincia di Firenze): in questi territori le principali miniere a cielo aperto erano quelle di Castelnuovo, Allori e S. Donato. La coltivazione mineraria nell'area, proseguita per quasi quaranta anni, ha determinato una consistente trasformazione del suo assetto orografico ed idrografico.

L'area interessata ha un'estensione complessiva di circa 20 km², ed è delimitata a sud-ovest dai Monti del Chianti, a nord-est dal fiume Arno, e a nord-ovest ed a sud-est rispettivamente dal corso dei borri Cesto e Vacchereccia (Figura 11). L'area comprende buona parte dal bacino imbrifero del borro S. Cipriano, a sua volta suddiviso in due sottobacini: sottobacino nord, a monte dell'immissione del borro Lanzi e sottobacino sud, costituito dal bacino imbrifero del borro Lanzi.

I più importanti giacimenti di lignite del Valdarno Superiore sono quelli di Castelnuovo dei Sabbioni e di Allori-San Donato, situati a sinistra del fiume Arno lungo le pendici nord-orientali dei Monti del Chianti, nei Comuni di Cavriglia (Arezzo) e Figline Valdarno (Firenze).

La coltivazione mineraria della lignite nel territorio di S. Barbara ebbe inizio nei primi anni del XX secolo con il metodo della coltivazione in sotterraneo. Con il passare degli

anni, tuttavia, questo metodo di coltivazione fu progressivamente abbandonato a causa delle notevoli difficoltà di estrazione e dell'elevato costo del combustibile estratto.

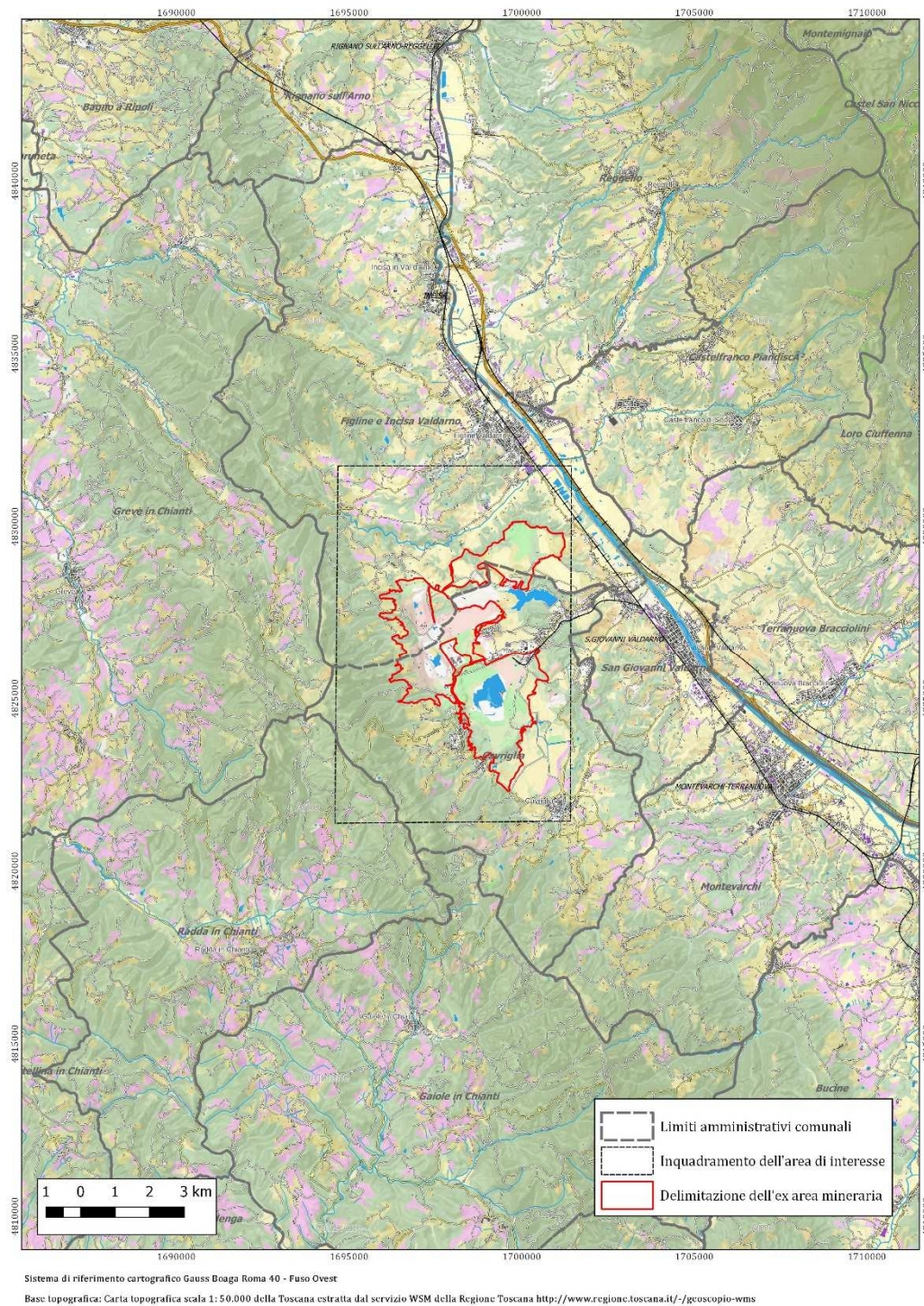


Figura 11 - Ubicazione dell'ambito territoriale di interesse con la localizzazione dell'ex area mineraria di S. Barbara (AR) – Scala 1: 100.000.

Nel 1955 fu deciso di adottare il metodo di coltivazione a cielo aperto, allo scopo di garantire continuità nell'utilizzazione della lignite coltivata con un abbattimento notevole

dei costi di trasporto, grazie all'introduzione di un elevato grado di meccanizzazione negli impianti estrattivi.

Il sistema di coltivazione fu quindi radicalmente mutato, iniziando dal giacimento di Castelnuovo. Fu costruita una nuova centrale termoelettrica, che entrò in funzione del 1958, in grado di assorbire tutta la produzione di lignite.

L'estrazione a cielo aperto del combustibile portò ad un graduale insediamento di attività industriali, prevalentemente siderurgiche e vetrarie, nel territorio del fondovalle, contribuendo quindi alla trasformazione a livello antropico di un territorio che presentava grandi potenzialità a livello di sviluppo industriale.

La coltivazione della lignite nel giacimento di Castelnuovo proseguì fino al 1984 e terminò a causa dell'esaurimento del combustibile economicamente estraibile. In termini di dati, l'estrazione della lignite nella miniera di Castelnuovo, nel corso di circa tre decenni, ha comportato una produzione totale di 30 milioni di tonnellate di combustibile, mentre i quantitativi di sterile asportato e collocato a discarica hanno raggiunto i 216 milioni di metri cubi¹.

Contemporaneamente alla coltivazione del giacimento principale di Castelnuovo, i lavori di estrazione si spostarono nelle vicine miniere di Allori, interessando le località di Rosseto, Allori e Pian Franzese, e di S. Donato. Entrambe le miniere costituivano parte di un unico giacimento che si estendeva in direzione nord - sud per una lunghezza complessiva di 3,5 km, separato da quello di Castelnuovo per la presenza di un dosso arenaceo. La coltivazione delle miniere di Allori e S. Donato proseguì dal 1974 al 1994, comportando una produzione totale di lignite di 13,6 milioni di tonnellate di combustibile estratto e un volume di circa 133 milioni di metri cubi di materiale sterile²³.

Le enormi quantità di materiale improduttivo prodotte durante le attività estrattive delle miniere (Castelnuovo, Allori e S. Donato) determinarono una importante trasformazione dell'assetto orografico del territorio e portarono ad individuare al più presto una soluzione per il collocamento delle tonnellate di materiale sterile. Contemporaneamente all'attività estrattiva, quindi, si portò avanti l'attività di collocazione a dimora del materiale sterile nelle discariche minerarie nel territorio circostante le miniere.

Le principali discariche sono quelle di Valle al Pero, Bellosguardo, Vacchereccia, Podere Capanna e Morbuio-Vincesimo-Forestello, al margine settentrionale del bacino imbrifero del borro San Cipriano. Dal 1994, in seguito alla chiusura delle miniere di Castelnuovo,

²³ Studio di Impatto Ambientale per il progetto di ripristino ambientale dell'ex area mineraria di S. Barbara elaborato da Enel (2004).

Allori e S. Donato, le depressioni formatesi in corrispondenza dei giacimenti minerari cominciarono ad essere sfruttate come discariche per materiale sterile e, una volta giunte a saturazione, alcune di esse furono impiegate per fini agricoli o di riforestazione.

4.1.1 Inquadramento geomorfologico e idrografico dell'area mineraria

L'area interessata dalla coltivazione mineraria di lignite si colloca nella media valle del fiume Arno. L'area è delimitata a SO dai Monti del Chianti, a nord-est dal corso del fiume Arno, e a nord-ovest ed a sud-est rispettivamente dal corso dei borri Cesto e Vacchereccia (Figura 12, Figura 13).

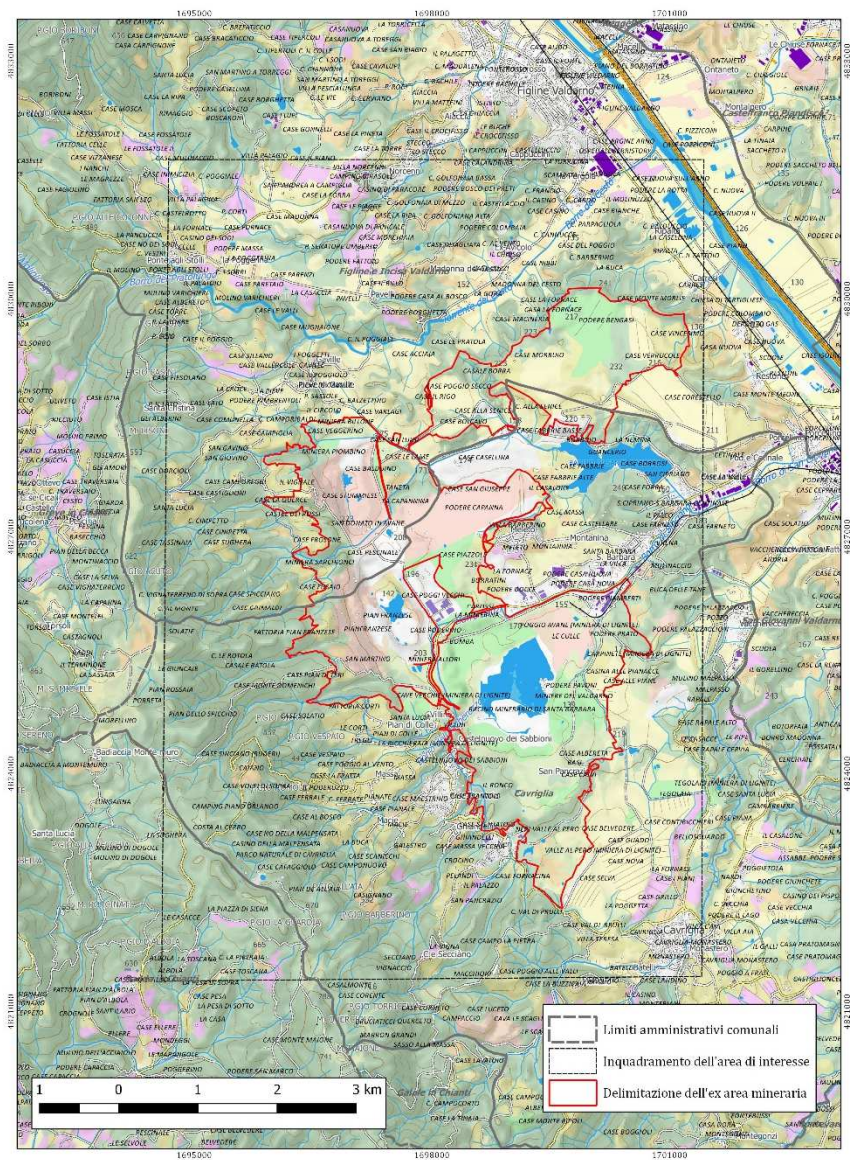


Figura 12 - Inquadramento geografico dell'ambito territoriale di interesse dell'ex area mineraria di S. Barbara (AR) - Scala 1: 40.000.

Per la definizione del limite dell'area di interesse, è stato considerato quanto riportato nello Studio di Impatto Ambientale elaborato da Enel Produzione per il progetto di riqualificazione ambientale dell'area²⁴, nel quale è stata considerata l'estensione massima di territorio entro la quale gli effetti delle potenziali interazioni ambientali del progetto diventano non apprezzabili.

Secondo questo criterio, si è assunta come area di interesse la porzione di territorio della superficie di circa 70 km² che comprende parte dei comuni di Cavriglia, Figline e Incisa Valdarno e Radda in Chianti.

Il sito direttamente interessato dal progetto di ripristino si colloca invece entro la fascia collinare lungo la riva sinistra del fiume Arno, a quote comprese tra 137 m s.l.m. e 300 m s.l.m., in corrispondenza di quelle aree interessate dalle attività di coltivazione a cielo aperto di lignite.

L'area di interesse si colloca all'interno dell'ambito di paesaggio del Valdarno Superiore, delimitato a est dai monti del Pratomagno, la dorsale montana con altitudine massima di 1591 m s.l.m. che si stende a sud-est di Firenze verso il Casentino e si connette, a nord, con l'Appennino Tosco Emiliano.

Il bacino del Valdarno Superiore presenta una estesa area depressa che ha determinato la formazione di un'ampia pianura di fondovalle, costituita da depositi ghiaiosi, sabbiosi o limosi. L'azione morfodinamica dell'Arno sui depositi fluvio-lacustri e la conformazione fisiografica dei rilievi del Pratomagno hanno creato le condizioni per un ambiente peculiare, caratterizzato, oltre che dalla presenza del fondovalle, dalla presenza di aree pianeggianti e sub-pianeggianti ai fianchi dei rilievi, in generale riconoscibili come superfici terrazzate di origine fluvio-lacustre²⁵. Nel Valdarno Superiore il fiume Arno presenta un alveo rettilineo per lunghissimi tratti tra i vasti depositi alluvionali che costituiscono il fondovalle, dove sono situate le grandi vie di comunicazione longitudinali (l'Autostrada del Sole A1 e la linea ferroviaria Firenze-Roma) e dove l'urbanizzazione è maggiore. Tra i centri urbani si trovano numerose cittadine i cui impianti risalgono al Basso Medioevo come San Giovanni Valdarno, Figline Valdarno e Terranuova Bracciolini.

²⁴ Studio di Impatto Ambientale per il progetto di ripristino ambientale dell'ex area mineraria di S. Barbara elaborato da Enel (2004).

²⁵ Fonte: Relazione generale del piano di classifica degli immobili - Comprensorio di bonifica n° 23: Valdarno (2006).

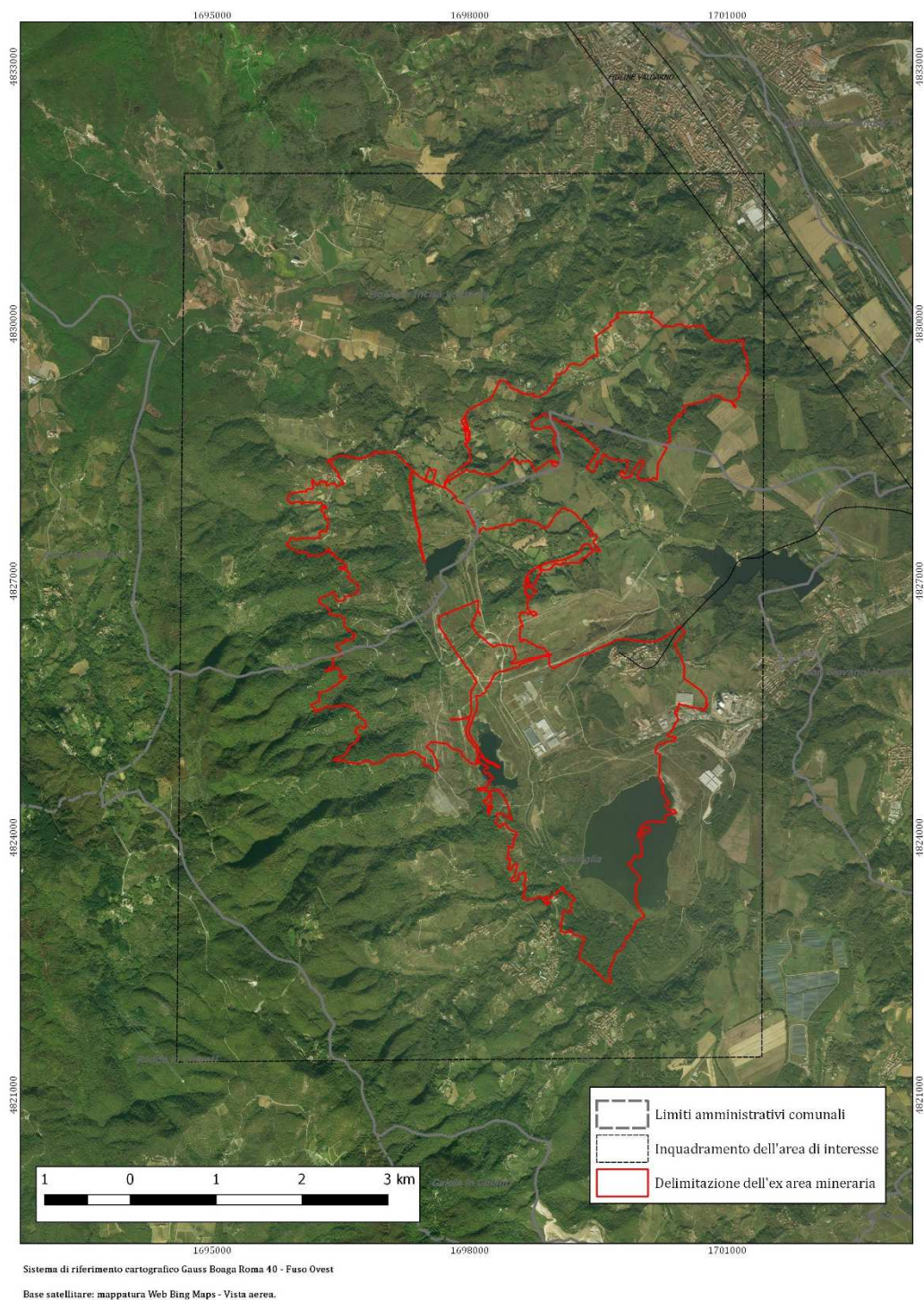


Figura 13 - Inquadramento geografico dell'ambito territoriale di interesse dell'ex area mineraria di S. Barbara (AR) - Scala 1: 40.000 - Vista aerea di Bing.

Procedendo verso ovest sulla sponda sinistra dell'Arno, si passa alla fascia di colline e, successivamente, alla dorsale dei Monti del Chianti, con altitudine massima di 893 m s.l.m con il Monte San Michele. In questa fascia collinare è collocato il bacino lignitifero

di Santa Barbara, fortemente caratterizzato dalla successione di alterazioni morfologiche dovute alla coltivazione a cielo aperto della lignite.

4.2 Il progetto di riassetto ambientale dell'ex area mineraria

L'area interessata dalla coltivazione mineraria di lignite, dapprima in sotterraneo e successivamente a cielo aperto, ha subito nel corso di circa quattro decenni una considerevole trasformazione dell'assetto orografico e idrografico.

Nel 1994, al termine delle attività estrattive e con la chiusura definitiva delle miniere, si comprese la necessità di restituire il territorio del comprensorio minerario di S. Barbara a scopi produttivi e residenziali, nel tentativo di ricostruire un paesaggio antropico che lasciasse trasparire le proprie origini e le proprie vicissitudini. Enel Produzione S.p.a., in qualità di titolare della Concessione Mineraria "Santa Barbara", già nel corso delle attività estrattive iniziò le operazioni di ripristino morfologico dell'area finalizzate al recupero ambientale di essa.

Il riassetto del territorio prevedeva interventi di sistemazione sia delle aree temporaneamente interessate dalle coltivazioni minerarie sia delle discariche di materiale sterile di ricoprimento del banco lignifero; tali interventi iniziarono contemporaneamente al procedere dell'attività mineraria a partire dai primi anni sessanta. Già nel corso dei lavori estrattivi, Enel in qualità di concessionario aveva completato la sistemazione delle discariche a sud di Bellosguardo, Grillo e Valle al Pero, la discarica di Vacchereccia e le discariche a nord di Forestello, Vincesimo e Morbuio.

Per quanto riguarda invece il riassetto morfologico e idrografico degli ex giacimenti ligniferi di Castelnuovo, Allori e S. Donato, Enel, già prima del termine delle attività estrattive (marzo 1994) aveva iniziato lo studio di un progetto di risistemazione delle aree. L'originale progetto di riassetto ambientale del comprensorio minerario di S. Barbara prevede la rimodellazione geomorfologica dell'area attraverso ingenti movimenti di terra, la realizzazione di due laghi artificiali in corrispondenza dei due ex cavi minerari di Castelnuovo e di Allori e la sistemazione delle relative reti idrografiche ad essi affluenti ed effluenti. L'invaso di Castelnuovo e quello di Allori, secondo il progetto, sono destinati ad accumulare le acque in maniera durevole con una capacità rispettivamente di circa $12 \times 10^6 \text{ m}^3$ e $3,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ ²⁶.

²⁶ Fonte: Progetto di ripristino ambientale dell'ex area mineraria di S. Barbara all'interno dello Studio di Impatto Ambientale elaborato da Enel (2004).

4.3 Analisi dello Studio di Impatto Ambientale

Secondo il DPR 11 febbraio 1998 che aveva modificato il D.P.C.M. 10 agosto 1988 n. 377²⁷ e la allora vigente legge regionale n. 79 del 03/11/1998 “Norme per l’applicazione della valutazione di impatto ambientale” le attività minerarie, comprese le pertinenziali discariche e i bacini artificiali a scopi energetici sono soggette a valutazione di impatto ambientale.

Secondo il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377 “Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all’art.6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell’ambiente e norme in materia di danno ambientale”, come modificato dal D.P.R. 11 febbraio 1998 “Disposizioni integrative del DPCM 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla legge 8 luglio 1986, n. 349, art. 6”.DPR 11 febbraio 1998, la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale è prevista anche per i progetti delle opere rientranti nelle seguenti categorie:

- attività minerarie per la ricerca, la coltivazione ed il trattamento minerallurgico delle sostanze minerali di miniera ai sensi dell’art. 2, co. 2, del R.D. 29/7/1927, n. 1443 e successive modifiche ivi comprese le pertinenziali discariche di residui derivanti dalle medesime attività ed alle relative lavorazioni, i cui lavori interessino direttamente aree di superficie complessiva superiore a 20 ettari;

- Impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acque a fini energetici in modo durevole, di altezza superiore a 10 m o che determinano un volume di invaso superiore a 100.000 m³;

Lo Studio di Impatto Ambientale elaborato in seguito alla presentazione del progetto possiede una struttura che segue le indicazioni del DPCM 27 dicembre 1988, riportando i contenuti richiesti nella legge della Regione Toscana n. 79/1998 allora vigente.

Il D.P.C.M del 27 dicembre 1988, come descritto nel Capitolo 2, par. 2.5 “La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale”, stabilisce che il proponente di un progetto o di un intervento assoggettabile a Valutazione di Impatto Ambientale ha l’obbligo di redigere

²⁷ D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 (1). Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all’art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349 (2), recante istituzione del Ministero dell’ambiente e norme in materia di danno ambientale.

uno studio di impatto ambientale (SIA), nel quale sono riportati di esso potrebbe comportare sull'ambiente in cui esso è inserito, ovvero i suoi impatti.

Secondo questo decreto, il S.I.A. deve essere articolato in 3 parti, denominate *quadri di riferimento*:

1. Quadro di Riferimento Programmatico;
2. Quadro di Riferimento Progettuale;
3. Quadro di Riferimento Ambientale.

Lo Studio di Impatto Ambientale analizzato nel presente lavoro, relativo al progetto di ripristino ambientale dell'ex area mineraria di S. Barbara, segue lo schema proposto dal DPCM 27 dicembre 1988. Esso è strutturato in un quadro di riferimento programmatico, un quadro di riferimento progettuale e un quadro di riferimento ambientale.

Nel quadro di riferimento programmatico si inseriscono le opere progettate; nel quadro di riferimento progettuale sono illustrati in dettaglio l'assetto dell'area interessata, il progetto e le sue interazioni ambientali sia in fase di cantiere che in quella di esercizio; infine, nel quadro di riferimento ambientale sono descritte e analizzate le singole componenti ambientali interessate e per ciascuna di esse sono descritti lo stato attuale e le potenziali e prevedibili tendenze evolutive in previsione della realizzazione delle opere progettate, non tralasciando comunque la valutazione del loro naturale sviluppo in assenza di intervento ("opzione zero") e delle alternative progettuali.

Ai fini del presente lavoro, l'analisi si è concentrata sul quadro di riferimento ambientale in modo da individuare esattamente le componenti e i fattori ambientali in gioco, ovvero le tipologie di dati necessari per procedere ad una prima analisi delle proprietà e funzionalità che la base di dati dovrà possedere.

4.3.1 Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico

Il *quadro di riferimento programmatico* ha il compito di fornire gli elementi conoscitivi sulle relazioni tra il progetto e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale, che costituiscono parametri di riferimento per l'elaborazione del giudizio di compatibilità ambientale. Il quadro di riferimento programmatico deve serve perciò a verificare la correttezza programmatica del progetto presentato, in relazione agli strumenti di pianificazione vigenti.

Nel quadro di riferimento programmatico del SIA analizzato sono esaminati gli atti di pianificazione e programmazione a livello nazionale, regionale e locale direttamente connessi con i contenuti del progetto di ripristino ambientale dell'ex area mineraria.

Di seguito sono elencati gli atti e gli strumenti di pianificazione esaminati nel QRP, suddivisi secondo il territorio di riferimento.

Livello nazionale

- Legge 30 luglio 1990, n. 221 “Nuove norme per l'attuazione della politica mineraria”;
- Legge 21 dicembre 2001, n. 443 “Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive”;

Livello regionale

- DPCM 12 marzo 1996 “Piano di Riconversione Produttiva delle Aree della Regione Toscana interessate dalla crisi mineraria”;
- Legge 10 maggio 1976 n. 319 "Norme sulla tutela delle acque dall'inquinamento" e il “Piano Regionale di Risanamento delle Acque” (1980) redatto secondo il dettato della legge n. 319 del 1976;
- “Piano dell'Area Protetta dell'Arno” approvato dalla Regione Toscana con delibera n. 226 del 7 marzo 1995;
- “Provvedimenti sul rischio idraulico” ai sensi degli articoli 3 e 4 della legge regionale 74/1984;
- “Piano Regionale delle attività estrattive” approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 200 del 7/3/1995;
- “Piano di Sviluppo Rurale della Regione Toscana 2000 – 2006”

Livello provinciale

- “Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Arezzo”
- “Progetto di fattibilità della nuova viabilità d'interesse del bacino minerario” per il collegamento dalla SS 69 nei pressi di S. Giovanni Valdarno alla nuova zona industriale di Cavriglia attraverso la zona dell'ex bacino minerario, con delibera n. 1629 del 27 luglio 1995;
- P.T.C.P. – “Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Firenze”;

- “Piano provinciale di gestione dei rifiuti urbani” adottato dal Consiglio Provinciale di Firenze con delibera n. 35 del 28 febbraio 2000;

Livello comunale

- “Programma di Fabbricazione del Comune di Cavriglia” approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 32 del 15 aprile 1997;

- “Piano di Riassetto Territoriale del Bacino Minerario di S.Barbara” approvato dalla Giunta Comunale il 26 marzo 1997;

- “Piano Strutturale del Comune di Cavriglia ai sensi della legge regionale 5/95” adottato dal Consiglio Comunale il 30 luglio 1999;

- “Regolamento Urbanistico Comunale” adottato con deliberazione Consiliare del 12 dicembre 2002. Il Regolamento Urbanistico costituisce, insieme al Piano Strutturale, il “Piano Regolatore Generale Comunale”;

- “Piano Regolatore del Comune di Figline Valdarno”, costituito dal Piano Strutturale approvato il 28 giugno 1999 e dal Regolamento Urbanistico approvato il 20 gennaio 2000;

4.3.2 Analisi del Quadro di Riferimento Progettuale

Il *quadro di riferimento progettuale* fornisce in maniera dettagliata le caratteristiche del progetto, descrivendo l'inquadramento nel territorio, inteso come sito e come area vasta. Il quadro di riferimento progettuale descrive la situazione geomorfologica e idrografica attuale. In particolare, il quadro progettuale riporta una parte descrittiva della situazione geomorfologia e idrografica originaria, antecedente alle attività estrattive e di ricollocazione dei materiali inerti improduttivi.

Il quadro di riferimento progettuale affronta, in seguito, la descrizione del progetto di ripristino, di cui presenta tutte le caratteristiche relative alla sistemazione geomorfologica prevista per le aree soggette a rimodellamento morfologico, ovvero le ex miniere di Castelnuovo, Allori e S. Donato e la discarica mineraria di Podere Capanna.

Relativamente alla sistemazione a livello idrografico, il quadro di riferimento progettuale descrive le attività previste per la realizzazione dei due laghi artificiali in corrispondenza delle ex miniere di Allori e Castelnuovo e la sistemazione dei borri affluenti ad essi.

Il quadro di riferimento progettuale affronta, infine, l'analisi dell'evoluzione della morfologia dell'ex area mineraria in assenza di intervento (la cosiddetta “opzione zero”) e le alternative progettuali.

4.3.3 Analisi del Quadro di Riferimento Ambientale: individuazione delle componenti e dei fattori ambientali interessati

Il quadro di riferimento ambientale si articola attraverso la *caratterizzazione ambientale* del sito, attraverso l'analisi della situazione complessiva del territorio in cui si dovrà realizzare il progetto, individuando gli elementi che dovranno essere analizzati e valutati nelle previsioni degli effetti legati alla realizzazione del progetto.

In questa sezione dello Studio di Impatto Ambientale, la più importante ai fini del presente lavoro, sono individuati gli aspetti caratterizzanti del sito attraverso un'analisi sistematica, prestando particolare attenzione agli elementi di debolezza dell'ambiente, che costituiscono i fattori critici. La caratterizzazione interessa le componenti naturalistiche ed antropiche, le integrazioni tra queste ed il sistema ambientale preso nella sua globalità.

Le componenti ambientali analizzate nel QRA dello Studio di Impatto Ambientale, in linea con quanto definito nell'Allegato I del D.P.C.M. del 27 dicembre 1988 "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità", sono le seguenti:

- atmosfera
- ambiente idrico
- suolo e sottosuolo
- vegetazione, flora e fauna
- ecosistemi
- salute pubblica, rumore, vibrazioni e radiazioni
- paesaggio

Tali componenti sono state approfondite in maniera più o meno dettagliata tenendo conto del grado di influenza nell'ambito di interesse. Ad esclusione delle componenti atmosfera e salute pubblica, tutte le altre sono state sviluppate ed analizzate sulla base di specifici contributi di carattere specialistico.

La componente atmosfera è stata analizzata per l'influenza, marginale, che l'evaporazione prodotta dai due nuovi invasi previsti dal progetto (lago di Castelnuovo e lago di Allori) potrà avere sulle condizioni di umidità dell'area.

L'ambiente idrico rappresenta la principale componente ambientale ad essere interessata dal progetto di riassetto idrografico del comprensorio minerario di S. Barbara, che riguarderà la ricostituzione ottimale degli alvei e delle pertinenze dei borri.

La componente rappresentativa del suolo e sottosuolo è stata analizzata considerando la movimentazione del terreno e le opere di fondazione necessarie durante l'esecuzione delle operazioni di rimodellamento geomorfologico, non tralasciando tutti gli aspetti connessi alla stabilità dei versanti ed alla circolazione idrica sotterranea nell'area interessata dagli interventi in progetto.

La vegetazione, flora e fauna rappresentano le componenti ambientali che saranno interessate dalla rinaturalizzazione delle zone minerarie e dalla costituzione degli ambienti lacustri. Gli effetti indiretti derivanti da quelli sulla vegetazione, flora e fauna ricadranno sulla componente ecosistemica.

Le componenti salute pubblica, rumore, vibrazioni e radiazioni non sono state considerate direttamente interessate dal progetto di ripristino e di riqualificazione ambientale, ad esclusione del rumore in alcune fasi di realizzazione del progetto.

La componente ambientale del paesaggio, infine, è stata analizzata considerando l'influenza e gli effetti della realizzazione del progetto sulle caratteristiche percettive dell'area, analizzando l'effetto sui percorsi di alta fruizione panoramica.

Tenendo conto dello Studio di Impatto Ambientale analizzato e delle linee guida dettate dalla normativa di riferimento circa la redazione dello SIA, si è proceduto all'individuazione dei tematismi che contribuiscono, nel loro insieme, a definire ciascuna delle componenti ambientali.

CAPITOLO 5

PROGETTAZIONE DELLA BASE DI DATI “VIA_GIS”

5.1 Analisi dei requisiti

La base di dati progettata nel presente lavoro si pone come obiettivo la determinazione della capacità di carico di un determinato ambito territoriale dal punto di vista di quelle componenti ambientali che concorrono a determinare la sensibilità ambientale di un territorio.

Propedeuticamente alla definizione della struttura della base di dati e a tutte le operazioni legate alla creazione degli schemi che, a differenti livelli di approfondimento, la descrivono, si è reso necessario operare un'analisi delle finalità della banca dati. Questo si è tradotto nell'individuazione dei cosiddetti *requisiti* della base di dati, ovvero la definizione delle funzionalità che essa dovrà avere.

La fase dell'analisi dei requisiti è quella fase in cui si devono individuare le risposte ai seguenti quesiti: quali sono gli scopi della base di dati, cosa può individuare e quali sono i dati necessari a raggiungere le sue finalità.

5.1.1 Individuazione delle finalità e funzionalità della base di dati

In seguito all'analisi dello Studio di Impatto Ambientale del progetto di ripristino dell'ex area mineraria di S. Barbara descritto nel precedente capitolo, si è proceduto all'individuazione e ad una prima schematizzazione degli ambiti caratterizzati nel SIA.

Per ciascun ambito, inoltre, sono state individuate le tipologie di informazioni che, in linea generale, concorrono a definire quell'ambito.

Queste informazioni sono state raccolte in

Tabella 1 e suddivise secondo una struttura a strati, definiti successivamente Sistemi.

	STRATO 01 Sistema Suolo e sottosuolo	STRATO 02 Sistema Idrico	STRATO 03 Sistema Ambiente atmosferico	STRATO 04 Sistema Antropico
Informazioni (temi)	Geologia del territorio	Reticolo idrografico	Qualità dell'aria	Opere antropiche
	Geomorfologia del territorio	Idrogeologia	Temperature	Infrastrutture
	Uso del suolo	Opere idrauliche	Precipitazioni	
	Sottosuolo e risorse	Qualità delle acque superficiali, sotterranee, di balneazione	- Regime anemometrico - Umidità - Insolazione - Inversioni termiche	
	STRATO 05 Sistema Paesaggio e Beni Culturali	STRATO 06 Sistema Ambiente naturale	STRATO 07 Sistema Vegetazione, flora e fauna	
	Stato della tutela paesaggio e Beni culturali	Aree protette e Riserve e parchi	Opere antropiche e Copertura vegetazionale	
	Vincolistica		Distribuzione specie faunistiche	

Tabella 1 - Individuazione dei requisiti generali di uno Studio di Impatto Ambientale suddivisi per ambiti (sistemi).

Ai fini del presente lavoro, i sistemi che devono essere approfonditi e considerati per le successive fasi di progettazione ed implementazione sono il Sistema Paesaggio e Beni culturali e il Sistema Ambiente Naturale, dal momento che racchiudono al loro interno tutta la gamma di informazioni che contribuiscono a determinare, secondo la normativa descritta nel Capitolo 2, la sensibilità ambientale di un territorio. Nello stabilire la localizzazione di un progetto, infatti, come indicato nell'Allegato III "Criteri di selezione di cui all'articolo 4, Paragrafo 3" della Direttiva 11/97/CE, deve essere considerata la sensibilità ambientale delle aree che possono risentire dell'impatto dei progetti. La sensibilità ambientale di un'area è correlata alle seguenti caratteristiche²⁸:

²⁸ Allegato III "Criteri di selezione di cui all'articolo 4, Paragrafo 3", Direttiva 11/97/CE.

- utilizzazione attuale del territorio;
- ricchezza relativa, della qualità e della capacità di rigenerazione delle risorse naturali della zona;
- capacità di carico dell'ambiente naturale

Per capacità di carico dell'ambiente naturale, come riportato nella L.R. 10/2010, si intende la combinazione di varie componenti dell'ambiente, tra cui:

- zone umide;
- zone costiere;
- zone montuose e forestali;
- riserve e parchi naturali, ivi comprese le relative aree contigue;
- aree carsiche;
- zone di importanza storica, culturale, paesaggistica o archeologica;
- aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle acque pubbliche;
- zone classificate o protette dalle norme vigenti; zone protette speciali designate in base alle direttive 79/409/CEE e 92/43/CEE;

Sulla base di quanto riportato nella normativa e nello Studio di Impatto Ambientale nelle sezioni relative alla caratterizzazione di alcune delle componenti sopra descritte, si è reso necessario procedere al reperimento di quei dati cartografici liberamente distribuiti da Enti Ufficiali di utilità per la strutturazione delle base di dati. Nello specifico, tenendo conto delle componenti che contribuiscono a definire la sensibilità ambientale di un territorio, si è proceduto ad individuare le ipotetiche fonti ufficiali di questa tipologia di dati, al fine di avere un primo inquadramento sulla disponibilità di open data, necessari per l'implementazione della base di dati.

In questa fase sono state consultate le seguenti fonti ufficiali on line di dati, sia cartografici che alfanumerici:

- o www.geografia.toscana.it servizio Geoscopio per la visualizzazione e il download di dati geografici della Regione Toscana
- o <http://www.minambiente.it/> Rete Natura 2000 (DATASET) Portale del Ministero dell'Ambiente e delle tutela del territorio e del mare per la visualizzazione di dati relativi a Rete Natura 2000
- o www.vincoliinrete.beniculturali.it e www.sitap.beniculturali.it/ Portali del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (MIBAC) per la visualizzazione di dati cartografici relativi alla vincolistica

La base di dati progettata dovrà servire ad individuare una metodologia di classificazione di un determinato ambito di interesse sulla base della sua sensibilità ambientale, caratteristica che dipende dalla presenza di varie componenti ambientali e che, in fase di localizzazione di un progetto o di un'opera, è presa in considerazione in quanto influenza la sua localizzazione. Alla luce di quanto analizzato nel Quadro di Riferimento Ambientale dello SIA analizzato nel Capitolo 4 e di quanto reperito o visualizzato, almeno inizialmente, da fonti ufficiali di dati cartografici liberi, sono stati caratterizzati più nel dettaglio i sistemi Paesaggio e Beni Culturali e Ambiente Naturale della

Tabella 1.

In

Tabella 2 sono indicate le tipologie di informazioni indispensabili per la definizione di un Sistema Patrimonio Culturale, che racchiude e unifica i dati precedentemente indicati in Tabella 1 per i sistemi Paesaggio e Beni Culturali e Ambiente Naturale che concorrono a definire la sensibilità ambientale.

	Sistema Patrimonio Culturale
Informazioni (temi)	<ul style="list-style-type: none"> - zone umide - zone costiere - zone montuose e forestali - riserve e parchi naturali, comprese le relative aree contigue - aree carsiche - zone di importanza storica, culturale, paesaggistica o archeologica - aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle acque pubbliche - zone classificate o protette dalle norme vigenti (<i>beni paesaggistici</i>) - zone protette speciali designate in base alle direttive 79/409/CEE e 92/43/CEE;

Tabella 2 - Definizione sommaria dei dati di carattere territoriale che nell'insieme definiscono la sensibilità ambientale di un territorio.

La tabella costituisce il punto di partenza per le successive operazioni di modellazione dello schema della base di dati, iniziando dalla progettazione dello schema concettuale.

5.2 Progettazione della base di dati

La costruzione della base di dati è stata condotta seguendo lo svolgimento sequenziale delle tre fasi delle quali si compone la progettazione, ovvero la progettazione *concettuale*, la progettazione *logica* e la progettazione *fisica*.

Nello svolgimento di ognuna delle tre fasi si è optato per l'utilizzo di software e *tool* interamente *open source*.

Lo schema concettuale è stato prodotto definendo uno schema iniziale che descriveva tutte le caratteristiche del Sistema Patrimonio Culturale con pochi concetti fondamentali, individuati dalle entità principali. Secondo questo procedimento, noto anche come strategia di progettazione *top-down* (Atzeni et al., 2000), si è proceduto successivamente ad un progressivo raffinamento dei concetti individuati, aumentandone il dettaglio attraverso la definizione degli attributi e delle relazioni e l'inserimento di ulteriori entità.

5.2.1 Modellazione concettuale con Open Model Sphere

La progettazione di una base di dati può essere parzialmente automatizzata grazie all'utilizzo di strumenti di supporto che permettono di utilizzare interfacce grafiche per l'editing di tabelle e diagrammi e per l'implementazione fisica della base di dati.

Nella fase della progettazione concettuale è stato impiegato un *tool open source* per la modellazione concettuale denominato Open Model Sphere²⁹ (*release 3.2*), sviluppato dalla *software house* Grandite (Figura 14).

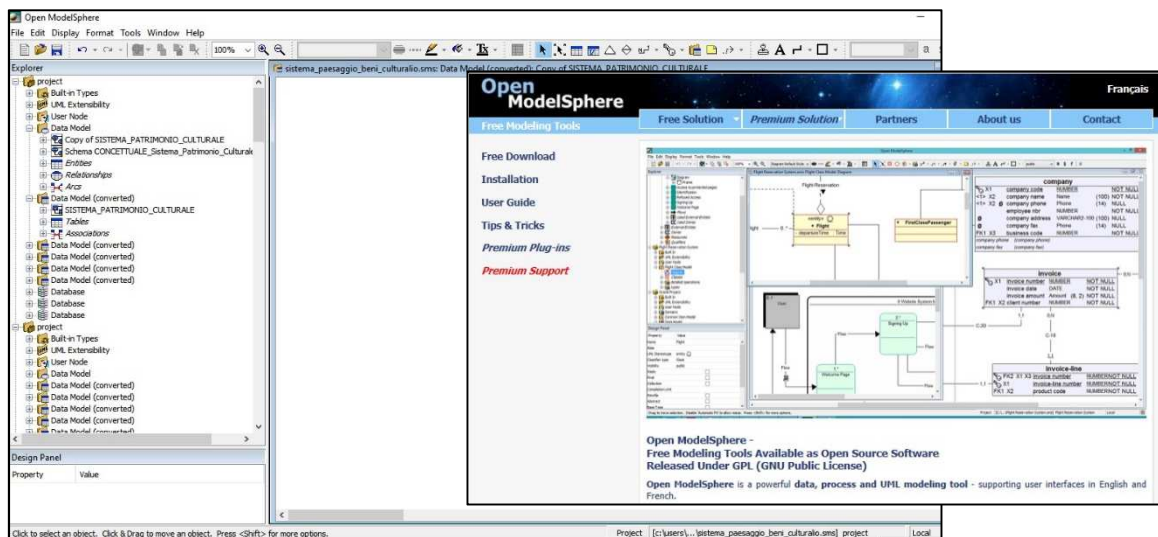


Figura 14 - Interfaccia principale del *tool* Open Model Sphere release 3.2.

²⁹ <http://www.modelsphere.com/org/>

Open Model Sphere, in maniera analoga agli strumenti CASE³⁰, presenta un'interfaccia grafica con cui è possibile creare e modificare gli schemi *entity-relationship* in forma di diagrammi. Contiene inoltre una libreria di funzionalità contenenti le informazioni sui costrutti principali di uno schema E-R, quali entità, attributi, relazioni, vincoli, chiavi, ecc.

Il software, inoltre, possiede alcuni strumenti integrati che eseguono in forma automatica o con l'interazione con l'utente specifiche funzioni come il disegno dei diagrammi, la verifica dell'integrità e della completezza e la produzione di uno script in linguaggio DDL³¹ per la realizzazione della base di dati nella successiva fase di progettazione fisica. Il primo passo per la modellazione dello schema concettuale della base di dati è l'apertura di un Data Model, scegliendo come Data Model Type "Conceptual Data Model" (Figura 15).

Il modello concettuale della base di dati è stato costruito utilizzando una notazione *Entity-Relationship*.

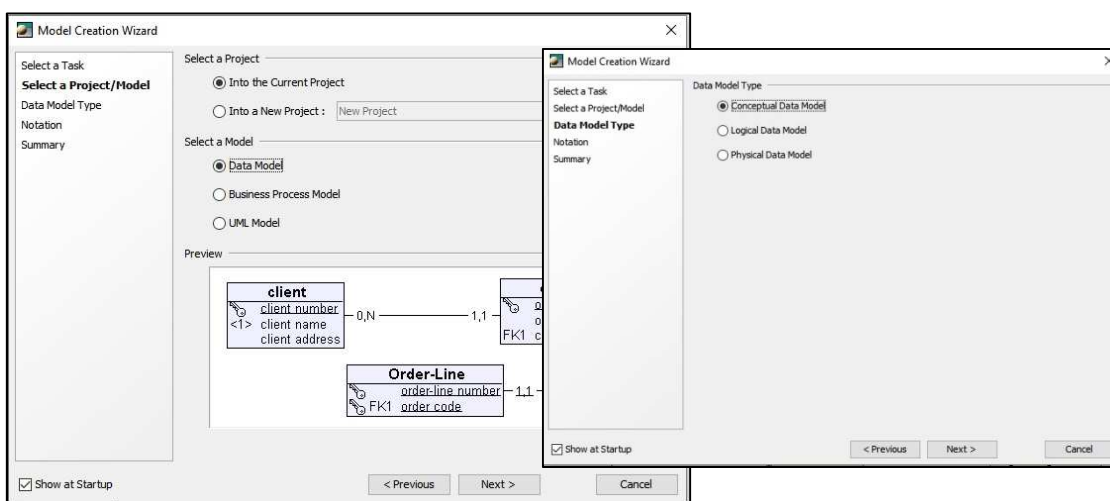


Figura 15 - Open Model Sphere: creazione di un nuovo *Conceptual Data Model*.

All'interno del nuovo schema concettuale si è proceduto seguendo i seguenti step:

1. Inserimento delle entità, caratterizzate da un nome e dagli attributi fondamentali che le caratterizzano;
2. Inserimento delle relazioni tra le entità, dove sussistono;

³⁰ Gli strumenti Computer Aided Software Engineering (C.A.S.E.) sono di ausilio durante le principali fasi di sviluppo di una base di dati attraverso interfacce grafiche e librerie di funzionalità.

³¹ Il linguaggio informatico Data Definition Language (DDL) permette di intervenire sullo schema di un database modificandone o eliminandone oggetti, e compone una parte del linguaggio SQL.

3. Inserimento delle cardinalità delle relazioni;
4. Inserimento degli attributi delle relazioni.

Si è proceduto inizialmente alla definizione della prima entità, rappresentata dal territorio di interesse per il quale si prevede di implementare la base di dati. Tale entità è stata denominata “Ambito di paesaggio” (Figura 16) e definisce un determinato ambito territoriale al cui interno saranno definite ulteriori entità, ciascuna delle quali descrittiva di un aspetto o componente ambientale riportato in Tabella 2. La denominazione dell’entità, inoltre, è legata alla consultazione del Piano di indirizzo territoriale con valenza di Piano Paesaggistico della Toscana (PIT)³², un piano che suddivide il territorio regionale in venti ambiti territoriali ognuno dei quali caratterizzato da determinate peculiarità.

Nella fase di implementazione della base di dati, i dati cartografici contenuti nel PIT torneranno utile per le operazioni di popolamento delle tabelle.

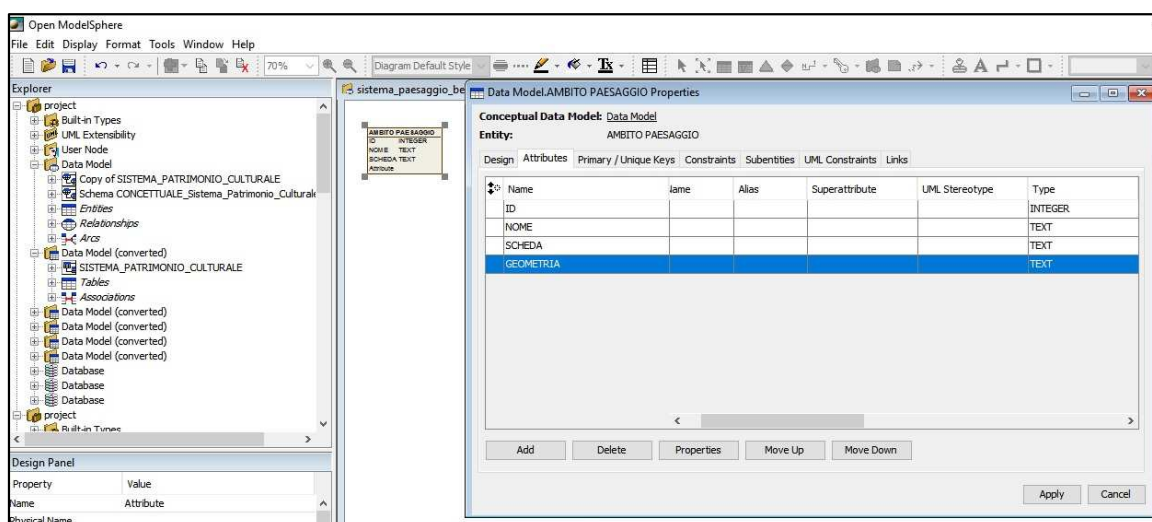


Figura 16 - Open Model Sphere: creazione dell'entità "Ambito_di_paesaggio" nello schema concettuale.

In una prima fase sono state inserite tutte le entità che partecipano alla base di dati e di ognuna sono stati definiti gli attributi principali.

La fase di progettazione concettuale corrisponde al più alto livello di astrazione della modellazione, ed è perciò sufficiente, in questo step di progettazione, definire esclusivamente i nomi anche non definitivi delle entità, degli attributi e delle relazioni.

³² Relazione generale del Piano Paesaggistico della Regione Toscana (2015).

Queste proprietà infatti saranno precisate successivamente, durante la revisione dello schema concettuale alla traduzione a schema logico.

In questa fase sono state quindi inserite le seguenti entità:

- Ambito_di_paesaggio
- Grafo_idrico_tutelato
- Acque_pubbliche_150m_dalla_sponda
- Aree_interesse_archeologico
- Zone_umide_Ramsar
- Immobili_interesse_pubblico
- Territorio_costiero_300m_dalla_riva
- SIC (Siti di importanza comunitaria)
- ZPS (Zone a protezione speciale)
- Territori_foreste_boschi
- Montagne_oltre_1200m
- Territori_contermini_ai_laghi
- Aree_naturali_protette
- Parchi_riserve

Per ciascuna entità sono stati definiti gli attributi e i loro datatype.

Si è proceduto successivamente alla definizione della *primary key* per ogni entità, ovvero l'attributo che identifica in maniera univoca ogni elemento di quell'entità.

Sono state inoltre definite le relazioni che intercorrono tra le entità. Le relazioni sono state denominate seguendo la dicitura "entità 1 – è legata dalla relazione x alla – entità 2". Per ciascuna relazione è stata individuata la cardinalità minima e la cardinalità massima.

5.2.2 Traduzione dello schema concettuale in modello logico relazionale

Nella successiva fase di progettazione logica, lo schema concettuale precedentemente elaborato doveva essere tradotto in schema logico di base di dati relazionale.

In seguito ad una prima stesura dello schema E-R, nel quale sono state inserite le entità principali della base di dati e definite le associazioni tra di esse (Figura 17), si è resa necessaria una prima ristrutturazione dello schema, al fine di eliminare i costrutti non

direttamente traducibili nel modello relazionale. Questa operazione è servita a semplificare la successiva fase di traduzione a modello relazionale.

Si è proceduto quindi, sempre in ambiente di Open Model Sphere, alla riorganizzazione dello schema concettuale operando una sorta di degradazione dal punto di vista semantico, in modo da avvicinarsi al modello relazionale.

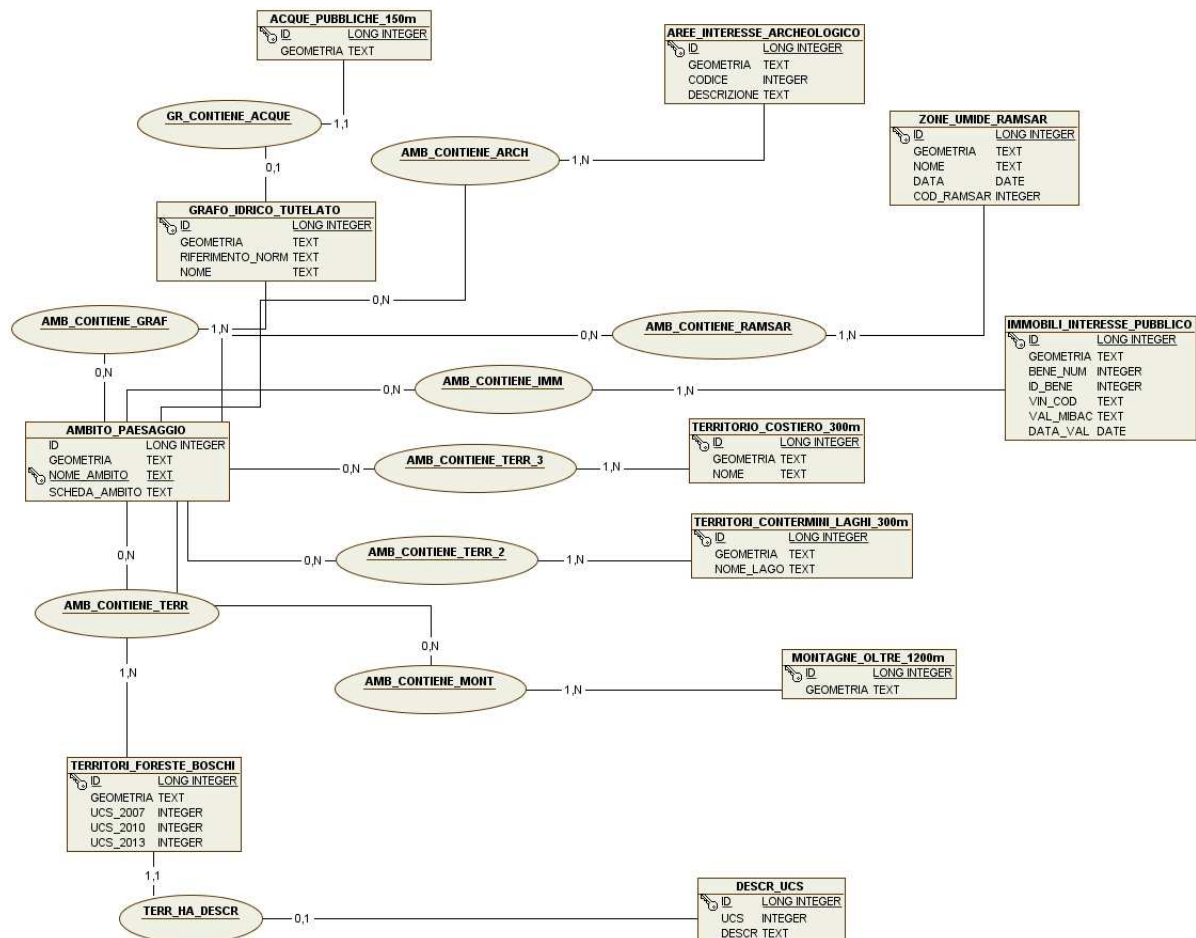


Figura 17 - Primo schema concettuale della base di dati in cui sono definite le entità e i loro attributi, i nomi delle relazioni esistenti tra le entità e la cardinalità delle relazioni.

Le attività di ristrutturazione dello schema E-R hanno riguardato i seguenti aspetti:

- Analisi delle ridondanze di attributi

Sono stati esaminati gli attributi di ciascuna entità, eliminandone alcuni, dove necessario, poiché descrivevano una proprietà significativa ma derivabile già da altri attributi.

- Analisi degli attributi multivalore e composti

Sono stati modificati alcuni attributi costruiti dalla combinazione di due o più informazioni, scomponendoli dove possibile in ulteriori attributi.

- Definizione completa dei vincoli

In questa fase preparatoria per la traduzione da schema E-R a modello logico relazionale, si è proceduto all'individuazione, per ciascuna entità, delle rispettive chiavi primarie. In assenza di attributi con i requisiti richiesti (ovvero di identificatore univoco non nullo per una specifica entità), si è proceduto all'aggiunta di un attributo aggiuntivo, come ad esempio un codice numerico (esempio con ID).

- Definizione degli attributi delle relazioni

Sono stati inseriti gli attributi di ciascuna relazione tra entità precedentemente definite, con i rispettivi datatype.

- Definizione, dove possibile, dei vincoli di integrità referenziale

Laddove possibile, si è proceduto, solo per alcune entità dello schema, all'individuazione degli attributi che nello schema logico relazionale avranno il ruolo di chiave esterna.

In seguito alle operazioni di ristrutturazione sopra citate, lo schema concettuale E-R, pronto per la traduzione a schema logico relazionale risultava quello di Figura 20.

In questo schema ristrutturato la semantica dello schema iniziale è stata conservata. Sono assenti attributi multivalore e attributi composti e tutte le entità sono identificate da un'attributo univoco non nullo (chiave primaria).

Lo schema concettuale prodotto è pronto per la traduzione a schema logico (Figura 20). Propedeuticamente, è necessario verificare l'integrità dello schema prodotto attraverso la funzione *Verify Integrity* disponibile nel menu Tools → *Process Model*. La funzione *Verify Integrity* esegue un controllo sulla definizione dei vincoli di chiave primaria e sulla cardinalità delle relazioni.

La traduzione a schema logico in Open Model Sphere è stata eseguita utilizzando il *tool* di conversione "*Convert to a Relational Model*" (Figura 18).

Il *tool* "*Convert to a Relational Model*" esegue la traduzione dello schema concettuale a schema logico e restituisce uno schema grafico come in Figura 21 dove ogni entità dello schema concettuale è rappresentata da una tabella. In esso anche le relazioni molti-a-molti, che nello schema concettuale erano definite solamente dal nome e dagli attributi, sono diventate tabelle.

Il modello logico adesso deve essere corredato dai vincoli di integrità referenziale (*Foreign Key*) tra due o più tabelle. Open Model Sphere, attraverso il *tool* "*Generate Foreign Key*" (Figura 19), permette di generare automaticamente le *foreign key* in uno schema logico all'interno del quale sono state correttamente definite le *primary key* delle tabelle che partecipano alle relazioni, così come la cardinalità delle relazioni.

Il tool restituisce un report della creazione delle *foreign key* nel quale si specificano gli attributi che sono stati aggiunti alle tabelle che partecipano alle relazioni.

In Figura 23 è mostrato lo schema logico della base di dati con l'aggiunta delle *foreign key* per le tabelle delle relazioni.

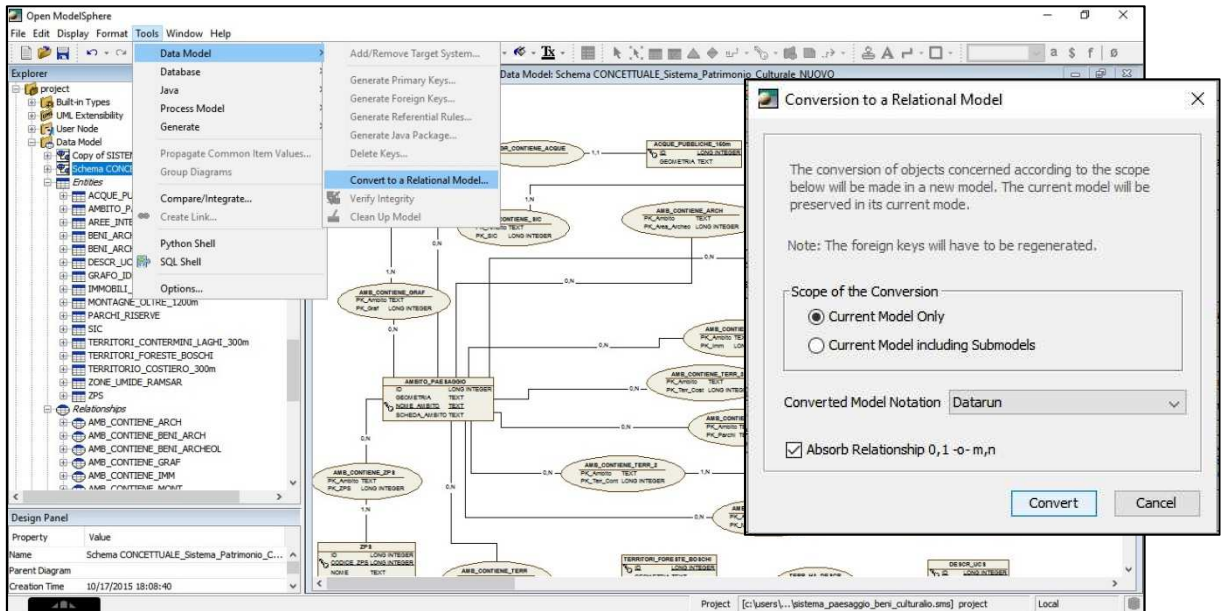


Figura 18 - Open Model Sphere: tool per la conversione dello schema concettuale a schema logico relazionale.

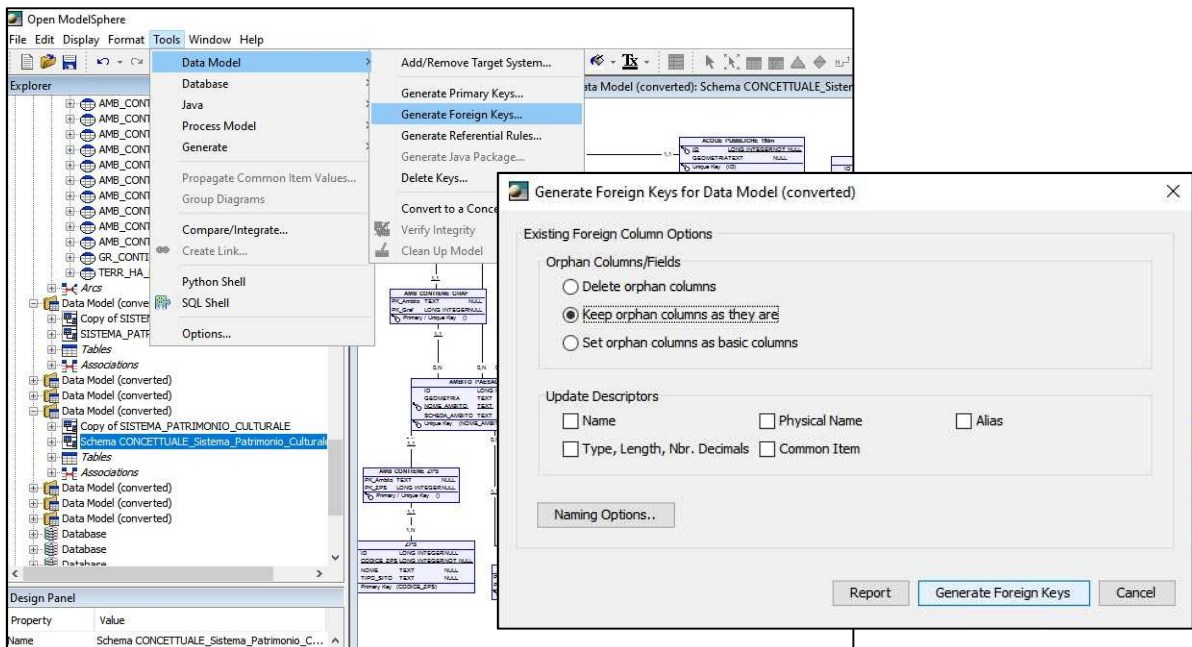


Figura 19 - Open Model Sphere: tool Generate Foreign Key per la creazione automatica delle Foreign Key in uno schema logico relazionale.

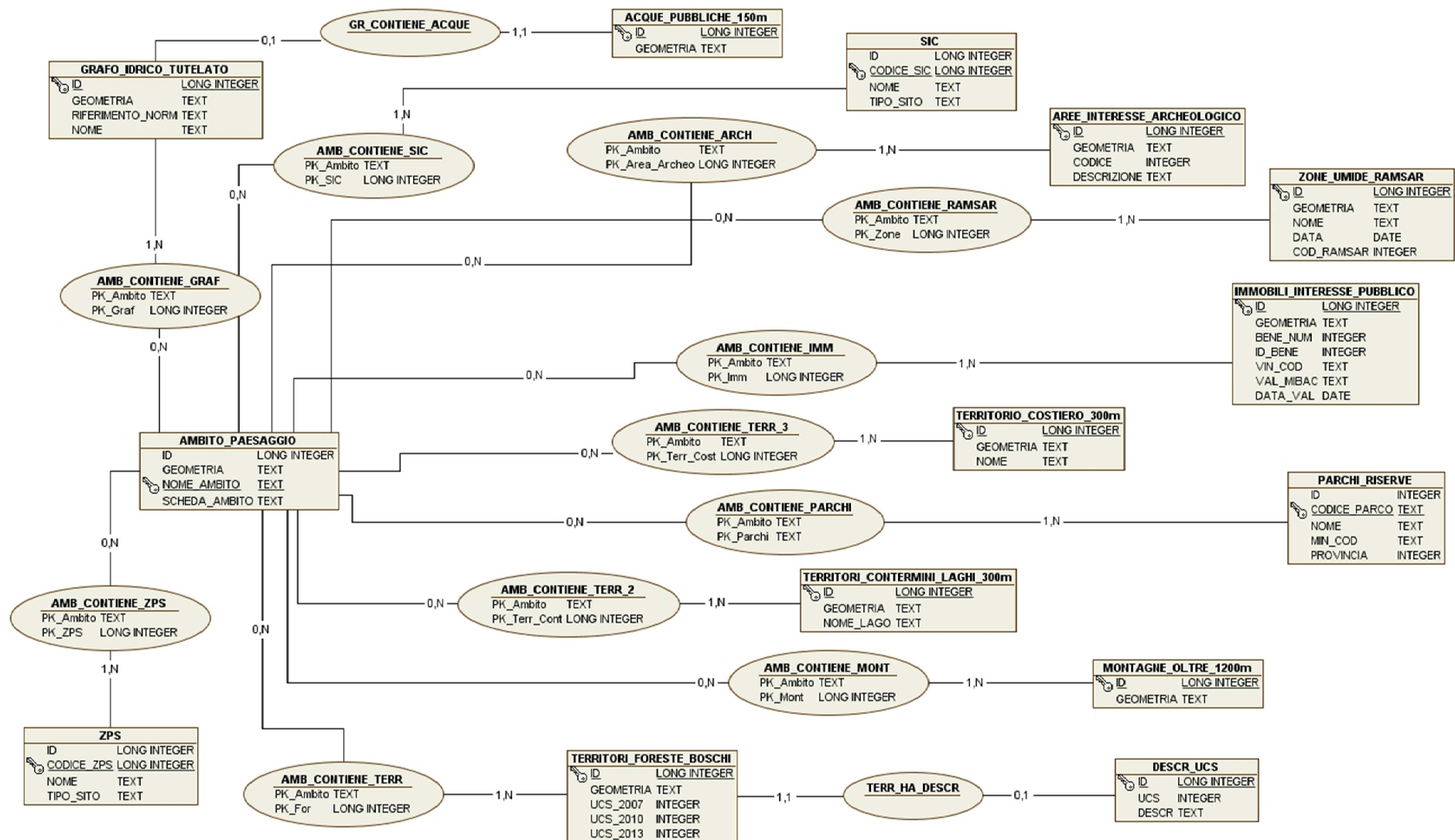


Figura 20 - Schema concettuale della base di dati prodotto in Open Model Sphere pronto per la traduzione a schema logico relazionale.

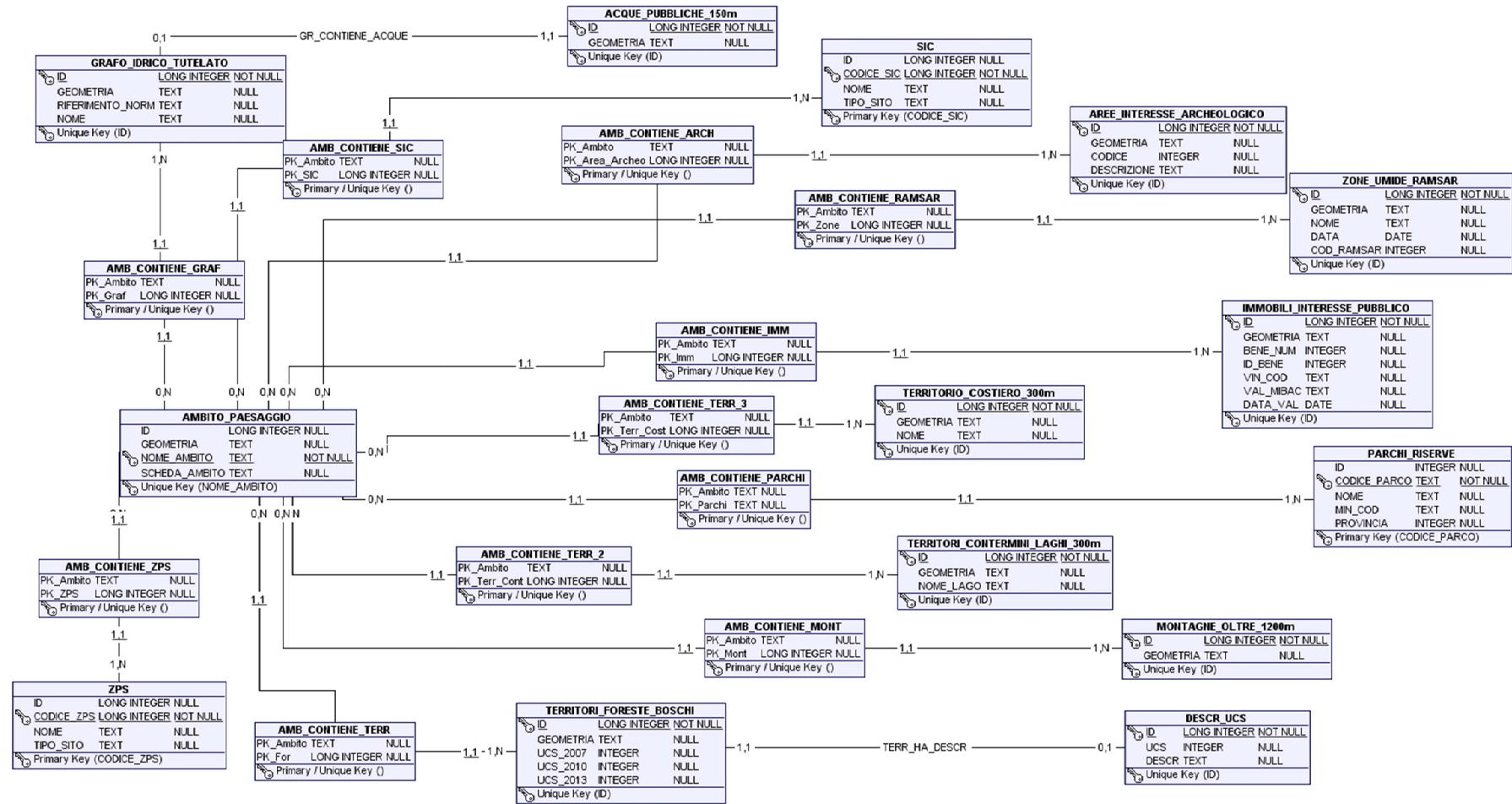


Figura 21 - Schema logico relazionale della base di dati senza la definizione delle foreign key.

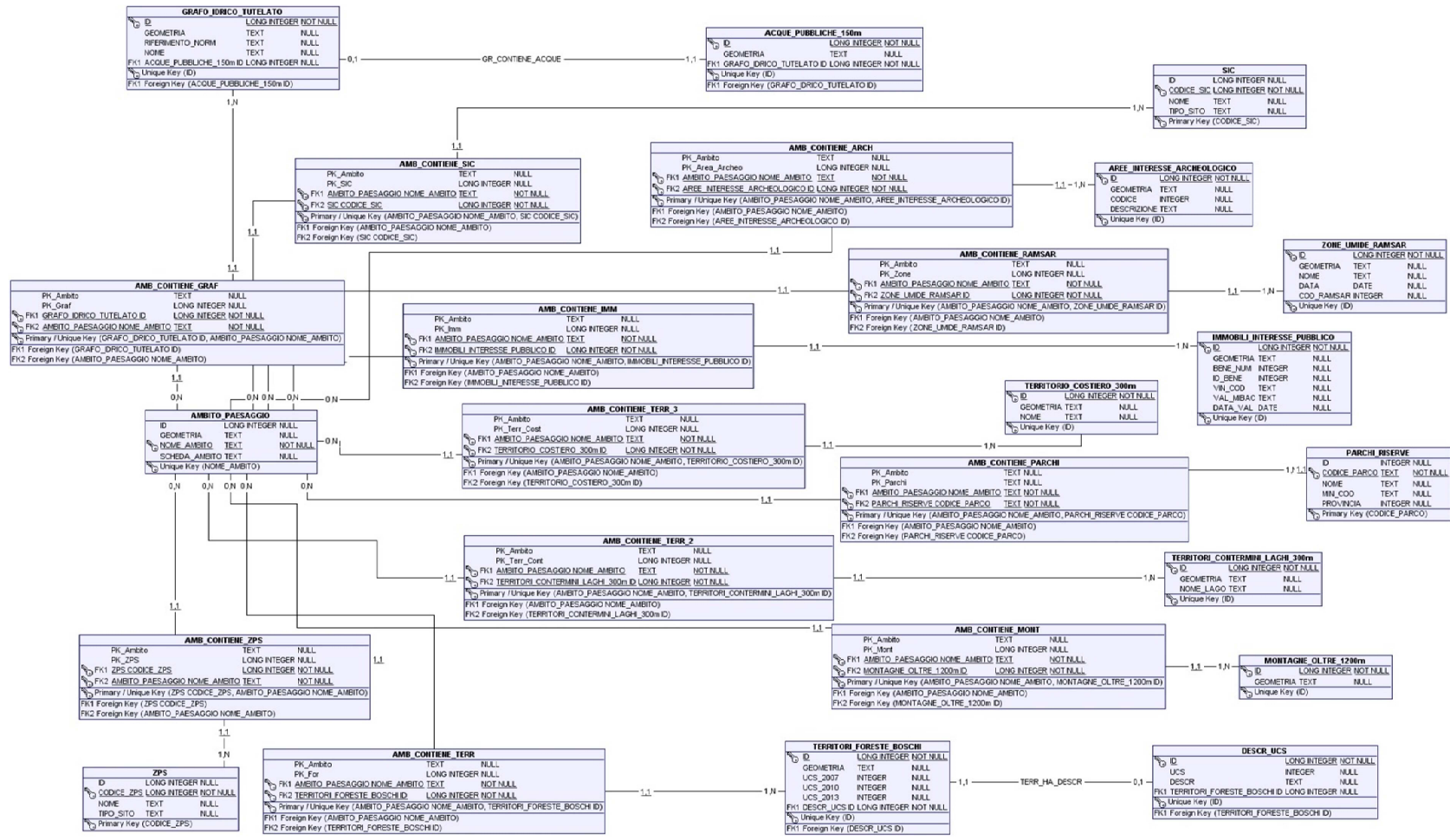


Figura 23 - Schema logico relazionale della base di dati con la definizione delle foreign key.

5.2.3 Da Open Model Sphere a PostgreSQL: primi passi della progettazione logica e implementazione del DB

Open Model Sphere è un *tool* che permette di ottenere uno schema logico di una base di dati ed esportare uno script in linguaggio SQL della struttura della base di dati.

Lo schema logico della base di dati prodotto in Open Model Sphere per conversione dello schema concettuale descrive il modello relazionale della base di dati con le opportune relazioni e vincoli di chiavi primaria e vincoli di integrità referenziale.

Open Model Sphere non permette di eseguire la progettazione fisica della base di dati ma consente di esportare la struttura dati dello schema logico in uno script SQL che può essere successivamente importato all'interno del *tool* utilizzato per l'implementazione fisica della base di dati. La fase successiva della progettazione, infatti, prevede la creazione fisica delle tabelle in modo che esse possano immagazzinare i dati.

Nel presente lavoro la progettazione fisica della base di dati, che sarà descritta nel Capitolo successivo, è stata condotta con l'impiego del software open source PostgreSQL con estensione spaziale PostGIS.

In Open Model Sphere il *tool* “ANSI Forward Engineering” (*Tools* → *Database* → *Forward Engineering*) (Figura 24) esegue l'esportazione dello schema relazionale in linguaggio SQL, permettendo quindi di poter interfacciarsi almeno in parte con gli strumenti software di modellazione fisica di basi di dati che operano con linguaggio Structured Query Language (SQL).

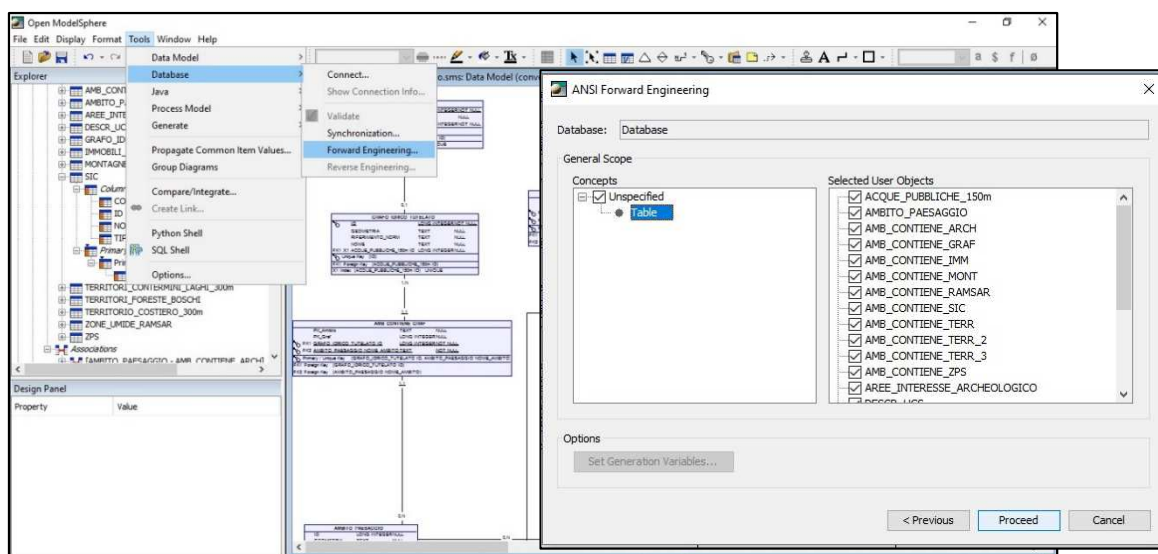


Figura 24 - Open Model Sphere: *tool* ANSI Forward Engineering per l'esportazione dello script sql dal modello logico relazionale.

Si è proceduto quindi all'esportazione dello script sql utilizzando il *tool* "ANSI Forward Engineering". Il tool può eseguire operazioni (*statements*) di creazione (*Create*), Eliminazione (*Drop*) o Eliminazione/Creazione (*Drop/Create*) di tabelle.

Nel caso specifico è stato selezionato lo *statement* Create, indicando gli oggetti da creare attraverso lo script (Figura 25).

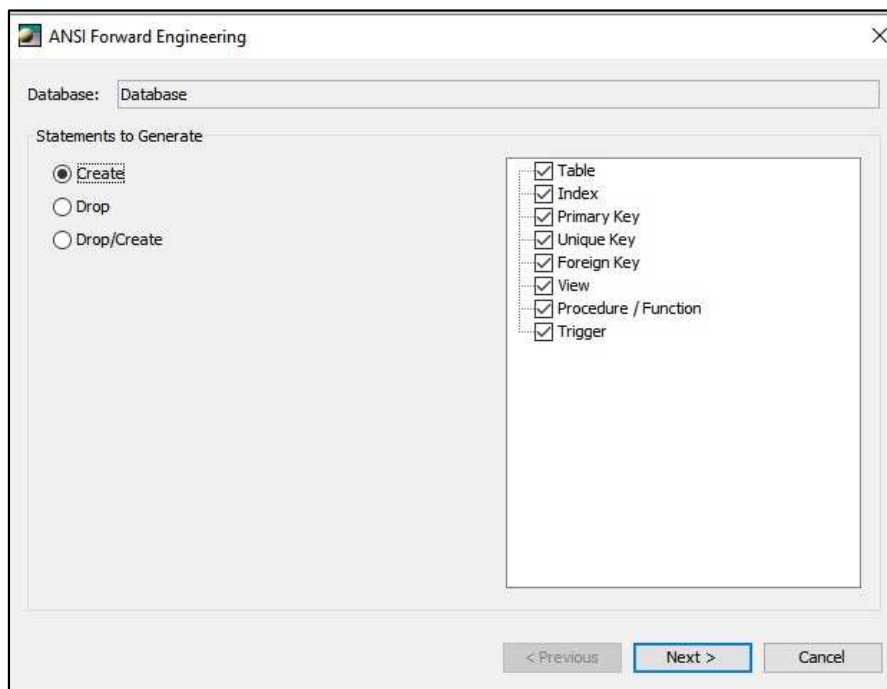


Figura 25 - Open Model Sphere: *tool* ANSI Forward Engineering per la creazione degli *statements* da schema logico relazionale.

Lo script prodotto, in formato SQL, può essere visualizzato con un lettore di testo ed importato all'interno del software per la progettazione fisica (PostgreSQL).