



REGIONE SICILIANA
PRESIDENZA



PRESIDENZA
DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE



Commissario Delegato per l'Emergenza Bonifiche
e la Tutela delle Acque in Sicilia

PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA SICILIA

(di cui all'art. 121 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n° 152)



**Valutazione dell'impatto dell'attività antropica sullo
stato di qualità delle acque superficiali e sotterranee.
Sintesi a scala regionale**

COORDINAMENTO GENERALE A CURA DI	DOCUMENTO	REDATTO DA	DATA	APPROVATO
 SOGESID SOCIETÀ GESTIONE IMPIANTI IDRICI Unità Operativa di Palermo	F.01	SOGESID S.p.A	DICEMBRE 2007	

INDICE

1 Premesse	Pag. 1
2 I corpi idrici significativi per la valutazione dell'impatto antropico	Pag. 1
3 I modelli di bilancio dei carichi inquinanti a scala di bacino	Pag. 9
4 Sintesi dei risultati della valutazione dell'impatto antropico per	
i corpi idrici significativi	Pag. 12
4.1 Corsi d'acqua	Pag. 12
4.2 Laghi naturali e artificiali	Pag. 12
4.3 Tratti marino-costieri	Pag. 12
4.4 Bacini idrogeologici	Pag. 12
5 Indicatori dello stato di qualità dei corpi idrici	Pag. 12
5.1 Corsi d'acqua	Pag. 13
5.2 Laghi naturali e artificiali	Pag. 14
5.3 Tratti marino-costieri	Pag. 14
5.4 Bacini idrogeologici	Pag. 14
6 Uso di modelli matematici per la valutazione delle strategie d'intervento	Pag. 56
6.1 I modelli di qualità fluviale	Pag. 56
6.2 Analisi di un caso di studio: il fiume Simeto	Pag. 65
7 Bibliografia	Pag. 71

1 Premesse

Nella presente relazione sono analizzati i risultati delle attività relative alla valutazione dell'impatto antropico sui corpi idrici ai fini della redazione del Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Sicilia.

In particolare, le valutazioni quantitative dell'impatto antropico, eseguite in una prima fase a scala di singolo bacino, idrografico e idrogeologico, e di tratto di costa, saranno sintetizzati, al fine di evidenziare le maggiori criticità, che richiedono quindi una priorità d'intervento.

Va osservato che la modalità di valutazione dell'impatto antropico adoperata consente la stima del singolo contributo dato all'impatto complessivo dalle varie fonti, concentrate e diffuse, e quindi di poter individuare le più idonee strategie d'intervento nei confronti delle fonti stesse, per quanto riguarda sia il contributo da essa dato, sia la reale possibilità di giungere alla loro riduzione.

Allo scopo di giungere a una scala di priorità delle criticità, sono stati definiti e utilizzati degli indicatori sintetici, che consentono, per ciascun tipo di corpo ricettore, di valutarne in modo comparato lo stato di qualità.

Infine, nella relazione sono stati descritti metodi e strumenti numerici per il controllo dei corpi ricettori, mirati alla simulazione delle loro caratteristiche quali-quantitative; tali metodi fanno uso di modelli matematici, che consentono, dopo una prima fase di calibrazione a partire dalle misure di campo disponibili, di prevedere l'evoluzione dello stato di qualità a seguito di modifiche dell'uso dei suoli, che abbiano conseguenze sulla produzione dei carichi inquinanti. Tali strumenti sono quindi di notevole utilità, sia in fase di pianificazione degli interventi di risanamento, sia di controllo dell'uso del territorio, anche al fine di prevenire eventuali peggioramenti dello stato di qualità delle acque.

2 I corpi idrici significativi per la valutazione dell'impatto antropico

Nella valutazione dell'impatto antropico sono stati analizzati 93 corpi idrici significativi, di cui 41 bacini idrografici, 38 tratti marino-costieri (comprendenti 14 isole minori) e 14 bacini idrogeologici.

In particolare, la stima relativa ai 41 bacini idrografici significativi ha richiesto la valutazione dell'impatto per 37 corsi d'acqua, 3 laghi naturali e 31 laghi artificiali, che ricadono all'interno di tali bacini.

Invece per i 24 tratti marino-costieri (al netto delle 14 isole minori), la stima ha richiesto la valutazione dell'impatto per tutti i bacini siciliani che in essi trovano recapito, in totale pari a 102 e di cui solo 41 classificati come significativi.

Appreso si riporta l'elenco dei corpi idrici; in particolare, per ciascun bacino idrografico, sono indicati i corpi idrici in esso ricadenti (corsi d'acqua, laghi naturali e artificiali); per i tratti marino-costieri sono invece riportati i bacini idrografici che in ciascuno di essi trovano recapito e la percentuale di bacino afferente al tratto; infine, per ciascun bacino idrogeologico, è stato riportato il numero dei corpi idrici sotterranei in questi ricadenti.

a) Bacini idrografici significativi:

n.	Codice	Denominazione
1	R 19 006	Bacini minori fra MUTO e MELA
2	R 19 011	Bacini minori fra MAZZARRA' e TIMETO
3	R 19 026	POLLINA
4	R 19 030	IMERA SETTENTRIONALE
5	R 19 031	TORTO e bacini minori fra IMERA SETTENTRIONALE e TORTO
6	R 19 033	S. LEONARDO
7	R 19 037	ELEUTERIO
8	R 19 039	ORETO
9	R 19 042	NOCELLA e bacini minori fra NOCELLA e JATO
10	R 19 043	JATO
11	R 19 045	S. BARTOLOMEO
12	R 19 049	LENZI BAJATA
13	R 19 051	BIRGI
14	R 19 052	Bacini minori fra BIRGI e MAZARO
15	R 19 054	ARENA
16	R 19 055	Bacini minori fra ARENA e MODIONE
17	R 19 057	BELICE
18	R 19 059	CARBOJ
19	R 19 061	VERDURA e bacini minori fra VERDURA e MAGAZZOLO
20	R 19 062	MAGAZZOLO e bacini minori fra MAGAZZOLO e PLATANI
21	R 19 063	PLATANI
22	R 19 067	S. LEONE e bacini minori fra S. LEONE e NARO
23	R 19 068	NARO
24	R 19 072	IMERA MERIDIONALE
25	R 19 075	COMUNELLI
26	R 19 077	GELA
27	R 19 078	ACATE e bacini minori fra GELA e ACATE
28	R 19 080	IPPARI
29	R 19 082	IRMINIO
30	R 19 084	Bacini minori fra SCICLI e Capo Passero
31	R 19 085	Bacini minori fra Capo Passero e TELLARO
32	R 19 086	TELLARO
33	R 19 089	CASSIBILE
34	R 19 091	ANAPO
35	R 19 092	Bacini minori fra ANAPO e LENTINI
36	R 19 093	LENTINI (S.LEONARDO) e bacini minori fra LENTINI e SIMETO
37	R 19 094	SIMETO e LAGO di PERGUSA
38	R 19 096	ALCANTARA
39	R 19 101	FIUMEDINISI
40	R 19 102	Bacini minori fra FIUMEDINISI e Capo Peloro
41	R 19 103	Isola di PANTELLERIA

Come accennato, in ciascuno di tali bacini idrografici significativi possono essere distinti i seguenti corpi idrici:

a1) corsi d'acqua:

n.	Corso d'Acqua	Bacino Idrografico Significativo di Appartenenza
1	Pollina	POLLINA
2	Imera settentrionale	IMERA SETTENTRIONALE
3	Torto	TORTO e bacini minori fra IMERA SETTENTRIONALE e TORTO
4	S. Leonardo	S. LEONARDO
5	Eleuterio	ELEUTERIO
6	Oreto	ORETO
7	Nocella	NOCELLA e bacini minori fra NOCELLA e JATO
8	S. Bartolomeo	S. BARTOLOMEO
9	Birgi	BIRGI
10	Arena	ARENA
11	Belice	BELICE
12	Belice sinistro	
13	Carboj	CARBOJ
14	Verdura	VERDURA e bacini minori fra VERDURA e MAGAZZOLO
15	Magazzolo	MAGAZZOLO e bacini minori fra MAGAZZOLO e PLATANI
16	Platani	PLATANI
17	Salito	
18	Gallo D'Oro	
19	S. Leone	S. LEONE e bacini minori fra S. LEONE e NARO
20	Naro	NARO
21	Imera Meridionale	IMERA MERIDIONALE
22	Gela	GELA
23	Acate	ACATE e bacini minori fra GELA e ACATE
24	Ippari	IPPARI
25	Irminio	IRMINIO
26	Tellaro	TELLARO
27	Cassibile	CASSIBILE
28	Anapo	ANAPO
29	Ciane	
30	S. Leonardo	LENTINI (S.LEONARDO) e bacini minori fra LENTINI e SIMETO
31	Simeto	SIMETO e LAGO di PERGUSA
32	Salso	
33	Dittaino	
34	Gornalunga	
35	Monaci	
36	Alcantara	ALCANTARA
37	Fiumedinisi	FIUMEDINISI

a2) laghi naturali:

n.	Lago Naturale	Bacino Idrografico Significativo di Appartenenza
1	Biviere di Gela	ACATE e bacini minori fra GELA e ACATE
2	Lago di Pergusa	SIMETO e LAGO di PERGUSA
3	Biviere di Cesarò	

a3) laghi artificiali:

n.	Lago Artificiale	Bacino Idrografico Significativo di Appartenenza
1	Rosamarina (PA)	S. LEONARDO
2	Scazzano (PA)	ELEUTERIO
3	Poma (PA)	JATO
4	Paceco (TP)	LENZI BAJATA
5	Rubino (TP)	BIRGI
6	Trinità (TP)	ARENA
7	Garcia (PA)	BELICE
8	Piana degli Albanesi (PA)	
9	Arancio (AG)	CARBOJ
10	Gammauta	VERDURA e bacini minori fra VERDURA e MAGAZZOLO
11	Piano del Leone	
12	Prizzi (PA)	
13	Castello (PA)	MAGAZZOLO e bacini minori fra MAGAZZOLO e PLATANI
14	Fanaco (PA)	PLATANI
15	S. Giovanni (AG)	NARO
16	Olivo (EN)	IMERA MERIDIONALE
17	Villarosa (EN)	
18	Comunelli (CL)	COMUNELLI
19	Cimia (CL)	GELA
20	Disueri (CL)	
21	Dirillo (CT)	ACATE e bacini minori fra GELA e ACATE
22	S. Rosalia (RG)	IRMINIO
23	Ponte Diddino (SR)	ANAPO
24	Monte Cavallaro (SR)	Bacini minori fra ANAPO e LENTINI
25	Biviere di Lentini (SR)	LENTINI (S.LEONARDO) e bacini minori fra LENTINI e SIMETO
26	Ancipa (EN)	SIMETO e LAGO di PERGUSA
27	Ponte Barca (CT)	
28	Pozzillo (EN)	
29	Nicoletti (EN)	
30	Sciaguana (EN)	
31	Don Sturzo (Ogliastro) (EN)	

b) tratti marino-costieri:

n.	da	a	Bacino	% (1)
1	Capo Rasocolmo	Capo Milazzo	BM Capo Peloro-Saponara	60
			Saponara	100
			BM Saponara-Niceto	100
			Niceto	100
			Muto	100
			BM Muto-Mela	50
2	Capo Milazzo	Capo Calavà	BM Muto-Mela	50
			Mela	100
			BM Mela-Rodì	100
			Rodì e BM Rodì-Mazzarà	100
			Mazzarà	100
			BM Mazzarà-Timeto	100
			Timeto	100
3	Capo Calavà	Capo d'Orlando	BM Timeto-Naso	30
			BM Timeto-Naso	70
			Naso	100
4	Capo d'Orlando	Cefalù	BM Naso-Zappulla	50
			Zappulla e BM Zappulla-Rosmarino	100
			Rosmarino	100
			BM Rosmarino-Furiano	100
			Furiano	100
			BM Furiano-Caronia	100
			Caronia	100
			BM Cefalù-Santo Stefano	100
			Santo Stefano e BM Santo Stefano-Tusa	100
			Tusa	100
			BM Tusa-Pollina	100
			Pollina	100
5	Cefalù	Capo Zafferano	BM Pollina-Lascari	70
			BM Pollina-Lascari	30
			Lascari e BM Lascari-Roccella	100
			Roccella e BM Roccella Imera Set.le	100
			Imera Settentrionale	100
			Torto e BM Torto-Imera Settentrionale	100
			BM Torto-San Leonardo	100
			San Leonardo	100

n.	da	a	Bacino	% (1)
			BM San Leonardo-Milicia	100
			Milicia	100
			BM Milizia-Eleuterio	40
6	Capo Zafferano	Capo Gallo	BM Milizia-Eleuterio	60
			Eleuterio	100
			BM Eleuterio-Oreto	100
			Oreto	100
			BM Oreto-Punta Raisi	40
7	Capo Gallo	Punta Raisi	BM Oreto-Punta Raisi	60
8	Punta Raisi	Capo Rama	BM Punta Raisi-Nocella	60
	Capo Rama	Capo San Vito	BM Punta Raisi-Nocella	40
			Nocella e BM Nocella-Jato	100
			Jato	100
			BM Jato-San Bartolomeo	100
			San Bartolomeo	100
			BM San Bartolomeo-Punta di Solanto	100
			BM Punta di Solanto-Forgia	10
10	Capo San Vito	Punta Ligny	BM Punta di Solanto-Forgia	90
			Forgia e BM Forgia-Lenzi	90
11	Punta Ligny	Capo Lilibeo	Forgia e BM Forgia-Lenzi	10
			Lenzi	100
			BM Lenzi-Birgi	100
			Birgi	100
			BM Birgi-Mazzarò	40
12	Capo Lilibeo	Capo Granitola	BM Birgi-mazzarò	60
			Mazzarò e BM Mazzarò-Arena	100
			Arena	100
			BM Arena-Modione	40
13	Capo Granitola	Capo San Marco	BM Arena-Modione	60
			Modione e BM Modione-Belice	100
			Belice	100
			BM Belice-Carboj	100
			Carboj	100
			BM Carboj-Verdura	10
14	Capo San Marco	Licata	BM Carboj-Verdura	90
			Verdura	100
			Magazzolo e BM Magazzolo-Platani	100
			Platani	100

n.	da	a	Bacino	% (1)
			BM Platani-Canne	100
			Canne	100
			BM Canne-San Leone	100
			San Leone e BM San Leone-Naro	100
			Naro	100
			BM Naro-Palma	100
			Palma	100
			BM Palma-Imera Meridionale	95
15	Licata	Capo Scalambri	BM Palma-Imera Meridionale	5
			Imera Meridionale	100
			BM Imera Meridionale-Rizzuto	100
			Rizzuto	100
			Comunelli	100
			BM Comunelli-Gela	100
			Gela	100
			Acate e BM Gela-Acate	100
			BM Acate-Ippari	100
			Ippari	100
			BM Ippari-Irminio	55
16	Capo Scalambri	Punta Religione	BM Ippari-Irminio	45
			Irminio	100
			Scicli e BM Scicli-Irminio	100
			BM Scicli-Capo Passero	20
17	Punta Religione	Capo Passero	BM Scicli-Capo Passero	80
18	Capo Passero	Torre Vendicari	BM Capo Passero-Tellaro	90
19	Torre Vendicari	Capo Murro di Porco	BM Capo Passero-Tellaro	10
			Tellaro	100
			Noto e BM Tellaro-Noto	100
			BM Noto-Cassibile	100
			Cassibile	100
			BM Cassibile-Anapo	80
20	Capo Murro di Porco	Capo Santa Panagia	BM Cassibile-Anapo	20
			Anapo	100
			BM Anapo-Lentini	10
21	Capo Santa Panagia	Capo Santa Croce	BM Anapo_Lentini	50
22	Capo Santa Croce	Torre Archirafi	BM Anapo-Lentini	40
			Lentini	100

n.	da	a	Bacino	% (1)
			Simeto e Lago di Pergusa	100
			BM Simeto-Alcantara	70
23	Torre Archirafi	Capo Scaletta	BM Simeto-Alcantara	30
			Alcantara	100
			BM Alcantara-Agrò	100
			Agrò e BM Agrò-Savoca	100
			Savoca	100
			Pagliara e BM Pagliara-Fiumedinisi	100
			Fiumedinisi	100
			BM Fiumedinisi-Capo Peloro	20
24	Capo Scaletta	Capo Rasocolmo	BM Capo Peloro-Saponara	40
			BM Fiumedinisi-Capo Peloro	80
25	Isola di PANTELLERIA			
26	Isola di LIPARI			
27	Isola di SALINA			
28	Isola di PANAREA			
28	Isola di STROMBOLI			
30	Isola di ALICUDI			
31	Isola di FILICUDI			
32	Isola di USTICA			
33	Isola di LEVANZO			
34	Isola di FAVIGNANA			
35	Isola di MARETTIMO			
36	Isola di VULCANO			
37	Isola di LINOSA			
38	Isola di LAMPEDUSA			

(1) percentuale di bacino che trova recapito nel tratto costiero considerato

c) bacini idrogeologici:

n.	Codice	Bacini Idrogeologici Significativi	n. Corpi Idrici Significativi
1	R19MD	Monti delle Madonie	4
2	R19ET	Monte Etna	3
3	R19IB	Monti Iblei	6
4	R19MP	Monti di Palermo	10
5	R19MS	Monti Sicani	9
6	R19NE	Monti Nebrodi	7
7	R19PE	Monti Peloritani	18

n.	Codice	Bacini Idrogeologici Significativi	n. Corpi Idrici Significativi
8	R19MT	Monti di Trabia-Termini Imerese	5
9	R19TP	Monti di Trapani	4
10	R19RB	Rocca Busambra	1
11	R19CC	Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara	1
12	R19MM	Piana di Marsala - Mazara del Vallo	1
13	R19PZ	Piazza Armerina	1
14	R19CT	Piana di Catania	1
	totale		71

Pei i bacini idrografici comprendenti laghi, naturali o artificiali, la valutazione del carico antropico è stata eseguita sia per il bacino da questi sotteso, sia per quello in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino (generalmente coincidente con la foce), al netto del primo; ciò ha comportato quindi la suddivisione del bacino idrografico in cui ricade il lago in più sottobacini, comprendenti sia quello principale sotteso dalla sua sezione di chiusura, sia quelli minori, sottesi dagli sbarramenti che ricadono all'interno del bacino principale.

Nel caso in cui all'interno dei bacini idrografici siano presenti opere di intercettazione per la derivazione di portate in bacini limitrofi, i bacini "indiretti" in tal modo costituiti sono stati aggregati a quelli "diretti" a cui essi sono allacciati, stante il contributo a questi dato in termini di volumi e carichi.

Infine, come già accennato, la valutazione dei carichi per la fascia costiera è stata eseguita identificando preventivamente i bacini idrografici caratterizzati da corsi d'acqua che trovano recapito in ciascun tratto di costa, che quindi contribuiscono al suo stato di qualità; per i bacini che si affacciano su più di un tratto (in genere è questo il caso dei "bacini minori" compresi fra due bacini principali), è stata preventivamente identificata la percentuale di bacino afferente a ciascun tratto, valutata in proporzione allo sviluppo della linea di costa ricadente nel tratto.

3 I modelli di bilancio dei carichi inquinanti a scala di bacino

Ai fini della redazione del Piano di Tutela delle Acque (PTA), la valutazione dei carichi inquinanti a scala di bacino, estesa all'intero territorio regionale, può essere condotta facendo uso di modelli concettuali basati sul bilancio dei contaminanti a scala di bacino. Applicazioni di tale approccio già da tempo sono citate in letteratura (O.M.S., 1984; Barbiero et al., 1990, 1991; E.E.A., 1998; Viviani et al., 2004). Esempi di tale tipo di approccio si ritrovano in numerosi PTA già redatti per varie Regioni d'Italia (vedi bibliografia allegata).

In tali modelli punto di partenza è la valutazione del carico inquinante prodotto dalle varie fonti presenti a scala di bacino, quindi della frazione effettivamente rilasciata nel corpo idrico e infine del carico che perviene alla sezione di interesse del bacino.

La stima dei carichi inquinanti “prodotti” dalle varie fonti può essere condotta facendo ricorso a due tipi di approccio diversi, seppure fra loro integrabili ai fini di una maggiore precisione conseguibile nella loro stima:

- a) metodo diretto: in questo caso viene utilizzato il carico "sperimentale", stimato a partire dalle misure di concentrazioni e portate degli scarichi avviati nel corpo idrico;
- b) metodo indiretto: il carico così valutato, detto "teorico", viene calcolato utilizzando gli apporti specifici degli inquinanti prodotti dalle varie attività, che ricadono nel bacino imbrifero sotteso dalla sezione d'interesse, di cui va fatto quindi un preciso censimento.

Il primo metodo appare indubbiamente più significativo, per un reale monitoraggio del corpo idrico e per l'esecuzione di attività mirate all'individuazione delle maggiori criticità a scala regionale; la maggiore difficoltà nella sua applicazione sta tuttavia nella necessità di eseguire una significativa campagna di misura delle caratteristiche di qualità e quantità, in corrispondenza di un numero anche elevato di punti del bacino.

Per contro, il metodo indiretto fa uso di apporti specifici, per ciascun tipo di fonte inquinante, in genere ricavati dalla letteratura e quindi avulsi dalle reali condizioni del bacino in studio; esso tuttavia consente di tenere esplicitamente conto delle varie fonti inquinanti e del peso relativo da esse assunto nella formazione della qualità del corpo idrico e quindi di valutare a priori gli effetti dei possibili interventi di risanamento, conseguenti alla riduzione di ciascuna di esse.

La sua applicazione richiede l'esecuzione di un censimento completo di tutte le fonti presenti nel bacino, che danno origine alla formazione degli apporti inquinanti in forma concentrata o diffusa; i carichi così prodotti sono ricavati applicando coefficienti di apporto specifico, dalla cui significatività evidentemente dipende il grado di precisione del metodo (Barbiero et al., 1990, 1991, 1998).

Le banche dati utilizzabili a tale scopo sono numerose; fra tutte, un ruolo di primo piano assumono i periodici rilevamenti dell'ISTAT (2001a,b,c), i Catasti provinciali degli scarichi, ove disponibili, e le ricognizioni dei Piani d'Ambito, redatti ai sensi della L. 36/94.

Nella valutazione delle varie fonti inquinanti, le maggiori incertezze sono legate a quella in forma diffusa di origine agricola, dovuta al dilavamento dei terreni coltivati e non; ciò a causa tanto dei notevoli margini di errore che si possono commettere nella sua valutazione, quanto del significativo peso che tale fonte può assumere nella valutazione del carico complessivamente prodotto. La valutazione in maniera indiretta può essere ottenuta a mezzo di un'analisi dell'uso dei suoli; a tale scopo, un riferimento importante è il progetto Corine Land Cover, che comprende una classificazione dei suoli distinti in 44 classi di uso (Andreani et al., 2006). La determinazione del carico inquinante può essere quindi eseguita a partire dagli apporti di fertilizzanti adottabili per coltura e ipotizzando un asporto per unità di prodotto; un esempio di tale procedura può essere trovato nel Piano di Tutela della Regione Emilia-Romagna (2003b,c); un'alternativa più semplice è quella di applicare i valori dei carichi al netto degli asporti, distinti per suolo coltivato e non (Regione Lombardia, 1991).

A partire dai carichi prodotti, così valutati, è possibile valutare i carichi “rilasciati” nei corpi idrici; essi generalmente differiscono dai primi, per effetto della combinazione di

numerosi fenomeni (rimozione, trasporto, deposito, diffusione, decadimento, etc.), che ne possono comportare la modifica (in genere in senso riduttivo) prima del loro sversamento nel corpo idrico ricettore; ciascuno di tali fenomeni può risultare più o meno incisivo, in funzione di vari fattori, fra cui in particolare la localizzazione dello scarico all'interno del bacino, il tipo di inquinante considerato, il percorso compiuto dall'inquinante tra il punto di produzione e quello di scarico nell'asta fluviale.

Il valore dei carichi rilasciati può essere ricavato moltiplicando quelli prodotti per un coefficiente di riduzione, che sintetizza i fenomeni che ne sono alla base, assumendo un valore differente a seconda dell'origine del carico e del tipo di inquinante (Barbiero et al., 1991).

A partire dalla stima dei carichi rilasciati nei corpi idrici, si può procedere alla valutazione dei carichi "terminali" che pervengono alle sezioni dei corpi ricettori, ritenute di interesse per la valutazione dello stato di qualità; a tale scopo possono essere applicati differenti criteri, caratterizzati da gradi di complessità crescenti, in funzione del tipo di trasformazioni tenute in conto per riprodurre i fenomeni che avvengono durante il tragitto compreso tra il punto in cui i carichi sono riversati nel corpo ricettore e la sezione di interesse stessa.

Va osservato che anche per la stima dei carichi "rilasciati" e di quelli "terminali" è possibile utilizzare il metodo diretto, già citato a proposito della stima dei carichi "prodotti"; anche in questi casi, ciò richiede la misura di concentrazioni e portate degli inquinanti in corrispondenza del punto di rilascio nel corpo idrico o nella sezione di chiusura; tale tipo di approccio, come già accennato, se da un lato garantisce una più precisa misura dell'effettivo carico, tuttavia richiede l'esecuzione di numerose misure di campo e di laboratorio. A ciò si aggiunge, nel caso dei carichi terminali, la particolare difficoltà di misurare le portate fluviali in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei bacini, a causa della frequente carenza di stazioni idrometriche; per superare tale ostacolo si può fare ricorso a modelli di calcolo che consentono la valutazione indiretta della portata, o a partire da misure di portata relative a sezioni differenti dello stesso o di altro corso d'acqua, oppure da misure degli afflussi meteorici.

In ogni caso, come già accennato, il metodo diretto non consente l'individuazione delle fonti che sono causa di inquinamento, nè la valutazione del loro peso relativo. A ciò si aggiunge che non tutti i tipi di fonti sono monitorabili con facilità e precisione (p.e. quelle in forma diffusa).

Di notevole utilità risulta l'accoppiamento dei due metodi; ciò consente, da un lato, di valutare il reale carico riversato nel corpo idrico, dall'altro, di ricavare il contributo delle singole fonti calibrando le quantità così stimate (principalmente correggendo gli apporti specifici), in modo da ottenere con entrambi i metodi valori comparabili del carico totale.

4 Sintesi dei risultati della valutazione dell'impatto antropico per i corpi idrici significativi

Appresso viene riportata una sintesi delle valutazioni dell'impatto antropico, eseguite per i vari corpi idrici significativi, che sono state oggetto di apposite monografie.

Per i metodi adottati per tali valutazioni si rimanda alle relazioni già prodotte in occasione della fase a-sottofase 1 e a quella generale della fase a-sottofase 2.

4.1 Corsi d'acqua

Nelle Tabelle 4.1.1 e 4.1.2 è riportata la sintesi dei carichi organico e trofici valutati in corrispondenza della sezione di chiusura di ciascun corso d'acqua; nelle Figure da 4.1.1 a 4.1.3 gli stessi valori sono stati rappresentati anche come percentuale sul totale dei carichi prodotti da ciascuna fonte principale di origine concentrata o diffusa. Per comodità, in Figura 4.1.4 è stata riportata la legenda dei singoli bacini che compaiono nelle figure prima citate.

4.2 Laghi naturali e artificiali

Nelle Tabelle 4.2.1 e 4.2.2 e nelle Figure da 4.2.1 a 4.2.3 è riportata la sintesi dei carichi organico e trofici valutati in corrispondenza delle sezioni di sbarramento dei bacini sottesi dai laghi. Nelle Figure da 4.2.4 a 4.2.6 gli stessi valori sono stati rappresentati come percentuale sul totale dei carichi prodotti da ciascuna fonte principale di origine concentrata o diffusa.

4.3 Tratti marino-costieri

Nelle Tabelle 4.3.1 e 4.3.2 è riportata la sintesi dei carichi organico e trofici valutati in corrispondenza di ciascun tratto marino-costiero; nelle Figure da 4.3.1 a 4.3.3 gli stessi valori sono stati rappresentati anche come percentuale sul totale dei carichi prodotti da ciascuna fonte principale di origine concentrata o diffusa.

4.4 Bacini idrogeologici

Nelle Tabelle 4.4.1 e 4.4.2 e nelle Figure 4.4.1 e 4.4.2 è riportata la sintesi dei carichi trofici valutati per ciascun bacino idrogeologico e per i corrispondenti corpi idrici sotterranei che ne fanno parte.

5. Indicatori dello stato di qualità dei corpi idrici

Al fine di meglio evidenziare le situazioni di criticità risultanti dalla valutazione dell'impatto antropico e di giungere a un'analisi comparata dello stato di qualità dei corpi idrici, sono stati individuati alcuni parametri, ritenuti "indicatori" di tale stato di qualità.

I parametri sono stati scelti in modo da essere significativi di una o più forme di “pressione” che determini lo “stato” sul corpo idrico; tale approccio è in linea col modello DPSIR, ormai di riferimento per la valutazione ambientale strategica dei PTA, di cui si è data una breve descrizione nella relazione relativa alla fase a-sottofase 1.

Gli indicatori a tale scopo utilizzati sono stati:

- il carico superficiale annuo (valutato per unità di superficie del bacino imbrifero) e la concentrazione media annua degli inquinanti, per i corsi d'acqua;
- il carico superficiale annuo (valutato per unità di superficie lacustre), per i laghi naturali e artificiali;
- il carico annuo (valutato per unità di lunghezza di costa), per le acque marino-costiere;
- il carico annuo (valutato per unità di superficie di bacino idrogeologico), per le acque profonde.

Appresso sono commentati i risultati ottenuti a seguito del calcolo di tali indicatori per ciascun corpo idrico.

5.1 Corsi d'acqua

I fenomeni di inquinamento dei corpi ricettori fluviali trovano riscontro, in termini di indicatori di stato, tanto nei carichi che vi trovano recapito, quanto nella concentrazione degli inquinanti in essi rilevabili; i due parametri infatti conducono a differenti considerazioni, specie al variare delle caratteristiche morfologiche e idrologiche dei corsi d'acqua.

La valutazione dei carichi totali di ciascun corso d'acqua, alla foce e per i sottobacini sottesi da sbarramenti, è stata eseguita col metodo indiretto, prima descritto; come già accennato, nel caso dei bacini in cui sono presenti invasi, sono stati esclusi i carichi prodotti nei sottobacini a monte degli invasi stessi, nell'ipotesi verosimile che questi non giungano mai a sfioro, per cui l'intero carico prodotto a monte non perviene al bacino di valle.

Per la valutazione delle concentrazioni medie è stato necessario procedere alla valutazione dei deflussi dei corsi d'acqua. Essi sono stati ricavati a partire da quelli degli afflussi meteorici, utilizzando le misure di precipitazione giornaliera registrate nelle stazioni distribuite sull'intero territorio siciliano e gestite dall'Ufficio Idrografico Regionale (U.I.R.); mediante la loro elaborazione sono ricavabili le altezze di pioggia medie mensili per ogni stazione.

La stima dei deflussi medi mensili è stata ottenuta a partire dai corrispondenti valori di afflusso, utilizzando un modello di trasformazione afflussi-deflussi. La portata totale defluente è stata quindi ricavata sommando alle portate meteoriche quelle nere prodotte dai centri urbani, i cui scarichi hanno recapito negli stessi bacini, valutate a partire dai valori delle dotazione assegnate a ciascun centro. Sono stati invece trascurati i contributi, in termini di portata, degli scarichi concentrati di origine industriale e di quelli diffusi di origine zootecnica; l'ipotesi di scarico a “portata nulla” è usuale per tale tipo di fonti, anche se essa può condurre a sovrastimare le concentrazioni in alveo.

Le concentrazioni degli inquinanti sono state quindi calcolate come rapporto tra i carichi e le portate. Il calcolo è stato eseguito su base mensile; a tale scopo, i carichi concentrati sono stati ipotizzati costanti nel corso dell'anno, dipendendo essenzialmente dalla popolazione residente e dalle attività industriali. I carichi diffusi, essendo strettamente legati alle condizioni climatiche, sono stati invece ripartiti nei vari mesi proporzionalmente al rapporto tra il deflusso mensile e quello totale annuo.

I valori degli indicatori, così calcolati, sono riportati nelle Tabelle 5.1.1 e 5.1.2 e nelle Figure da 5.1.1 a 5.1.6.

5.2 Laghi naturali e artificiali

Come indicatore dell'inquinamento potenziale del grado di inquinamento dei corpi idrici è stato in questo caso utilizzato il carico superficiale annuo di azoto e fosforo riversato nel corpo idrico, valutato come rapporto tra il carico totale annuo e la superficie media annua dello specchio lacustre; la scelta di tale parametro è stata fatta nell'ipotesi che esso possa essere ritenuto correlabile a un potenziale stato di eutrofia del corpo idrico stesso (Vollenweider, 1976; Calvo e Viviani, 1991).

I valori dell'indicatore, così calcolato, sono riportati nella Tabella 5.2.1 e nelle Figure 5.2.1 e 5.2.2.

5.3 Tratti marino-costieri

Come indicatore dello stato di qualità è stato adoperato il carico inquinante per unità di lunghezza del tratto di costa a cui esso si riferisce.

Per ciascuno dei 24 tratti in cui è stata suddivisa la costa dell'isola, è stato quindi calcolato il carico inquinante complessivamente rilasciato attraverso i corsi d'acqua che in tali tratti trovano recapito; il contributo dovuto ai bacini minori compresi tra due aree fociali contigue, che non trovano un recapito puntuale di immediata localizzazione, è stato calcolato in forma aggregata per l'intero bacino minore ed è stato ripartito proporzionalmente alla lunghezza del tratto di costa su cui questo si affaccia.

I valori dell'indicatore, così calcolato, sono riportati nella Tabella 5.3.1 e nelle Figure da 5.3.1 a 5.3.3.

5.4 Bacini idrogeologici

Per ciascun bacino idrogeologico come indicatore è stato adoperato il carico superficiale, ricavato a partire dagli apporti inquinanti in forma diffusa che in esso trovano recapito. Tale valore può essere infatti considerato correlabile al rischio di inquinamento dei suoli e delle acque di falda.

I valori dell'indicatore, così calcolato, sono riportati nella Tabella 5.4.1 e nelle Figure 5.4.1 e 5.4.2.

Tabella 4.1.1 – Sintesi dei carichi (organico e trofici) relativi ai corsi d’acqua (valori in t/anno)

Corsi d'acqua significativi

ID	BOD (t/anno)									N (t/anno)									P (t/anno)								
	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale
Pollina	18,67	123,50	26,78	36,12	5,83	0,00	0,00	21,51	232,40	26,88	21,41	0,51	0,55	0,63	31,32	7,78	98,75	187,83	7,94	6,07	0,36	0,39	0,20	1,04	0,23	2,48	18,72
Imera settentrionale	79,41	8,38	11,42	10,17	33,60	0,00	0,00	14,52	157,50	21,39	1,43	0,28	0,28	3,62	458,91	66,49	68,01	620,43	5,85	0,40	0,16	0,15	1,13	19,02	1,99	1,69	30,40
Torto	26,62	119,76	13,49	29,00	57,51	0,00	0,00	14,28	260,65	35,91	21,25	0,65	0,70	6,20	849,75	22,70	68,18	1005,33	9,93	6,22	0,42	0,44	1,94	31,91	0,68	1,71	53,24
S. Leonardo	0,00	0,00	0,00	0,00	5,31	0,00	0,00	0,09	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	9,88	0,70	0,41	11,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,38	0,02	0,01	0,59
Eleuterio	39,67	289,73	12,81	70,44	70,91	0,00	0,00	3,27	486,82	24,19	52,00	0,78	1,31	7,64	195,54	26,91	9,39	317,77	7,15	15,33	0,44	0,86	2,39	7,20	0,81	0,39	34,56
Oreto	39,11	198,20	15,27	39,94	368,72	0,00	0,00	0,88	662,13	58,51	37,04	0,69	0,75	39,73	92,33	29,24	3,30	261,67	18,06	11,43	0,78	0,85	12,41	4,07	0,88	0,11	48,59
Nocella	78,28	13,86	20,39	112,16	82,67	0,00	0,00	1,69	309,04	47,34	2,61	0,75	1,93	8,91	92,30	22,42	7,79	184,05	14,97	0,82	0,46	1,25	2,78	4,55	0,67	0,20	25,70
S. Bartolomeo	17,36	0,00	5,20	28,59	97,45	0,00	0,00	8,44	157,04	23,19	0,00	0,20	0,22	10,50	1000,88	24,33	27,74	1087,05	6,31	0,00	0,16	0,18	3,28	36,74	0,73	1,06	48,46
Birgi	1,07	0,00	0,59	3,26	49,61	0,00	0,00	4,41	58,94	1,67	0,00	0,02	0,02	5,35	729,78	4,42	12,39	753,65	0,54	0,00	0,02	0,02	1,67	26,42	0,13	0,35	29,15
Arena	0,00	0,00	0,00	33,51	0,00	0,00	0,00	0,78	34,29	0,00	0,00	0,00	0,00	3,61	280,56	0,79	2,16	287,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	12,12	0,02	0,06	13,34
Belice	17,23	71,16	8,22	45,23	95,05	0,00	0,00	8,38	245,27	22,72	11,15	0,24	0,32	10,24	1330,35	16,11	28,77	1419,90	6,12	2,83	0,22	0,28	3,20	49,80	0,48	0,87	63,81
Carboj	0,00	0,00	0,00	0,00	4,60	0,00	0,00	0,93	5,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	123,64	2,85	3,10	130,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	4,70	0,09	0,09	5,03
Verdura	91,45	77,54	24,00	103,15	79,08	0,00	0,00	6,35	381,56	53,73	13,43	0,56	1,31	8,52	453,44	40,60	26,99	598,57	15,63	3,80	0,50	1,11	2,66	17,03	1,22	0,68	42,64
Magazzolo	0,00	0,00	0,00	0,00	8,24	0,00	0,00	1,43	9,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	266,24	8,94	4,71	280,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	10,66	0,27	0,13	11,34
Platani	28,05	310,19	31,08	37,27	217,56	0,00	0,00	45,33	669,47	17,90	51,83	0,46	0,58	23,44	4355,47	159,29	173,96	4782,94	3,59	14,23	0,46	0,45	7,33	157,04	4,78	4,59	192,47
Salito	9,81	21,57	4,32	12,84	61,53	0,00	0,00	14,98	125,05	7,51	2,05	0,08	0,09	6,63	1867,48	40,53	62,96	1987,32	1,24	0,29	0,04	0,05	2,07	66,83	1,22	1,61	73,35
Gallodoro	9,42	56,34	16,06	14,91	34,00	0,00	0,00	2,03	132,76	5,56	6,43	0,11	0,11	3,66	557,49	12,79	6,52	592,68	0,99	1,13	0,06	0,06	1,14	20,03	0,38	0,18	23,98
S. Leone	109,50	242,99	68,40	136,69	181,72	0,00	0,00	0,98	740,28	159,90	43,07	3,68	4,01	19,58	546,20	7,23	3,33	787,01	48,44	12,93	1,90	2,08	6,12	20,52	0,22	0,10	92,31
Naro	3,41	718,10	117,64	68,33	52,35	0,00	0,00	0,45	960,28	5,27	129,13	2,77	2,52	5,64	407,16	9,23	1,43	563,15	1,69	38,17	1,09	1,00	1,76	17,02	0,28	0,04	61,05
Imera meridionale	160,84	1095,63	123,35	219,87	299,10	0,00	0,00	38,28	1937,08	59,59	198,17	1,49	3,04	32,23	4552,56	128,03	165,12	5140,23	14,06	60,98	1,05	2,58	10,07	164,90	3,84	4,19	261,66
Gela	0,00	0,00	0,00	0,00	66,41	0,00	0,00	1,57	67,98	0,00	0,00	0,00	0,00	7,16	473,50	12,53	5,08	498,27	0,00	0,00	0,00	0,00	2,24	19,41	0,38	0,14	22,17
Acate	33,98	82,23	17,91	52,86	108,88	0,00	0,00	11,31	307,18	38,62	12,79	0,39	0,43	11,73	1258,55	46,94	53,52	1422,96	10,73	3,22	0,35	0,39	3,67	48,15	1,41	1,35	69,27
Ippari	47,58	16,83	13,55	56,57	149,04	0,00	0,00	13,28	296,85	67,59	2,97	0,65	0,73	16,06	515,71	15,34	70,75	689,81	19,73	0,86	0,56	0,63	5,02	21,46	0,46	1,76	50,48
Irminio	91,41	492,19	56,79	312,33	112,20	0,00	0,00	17,52	1082,43	30,16	81,19	0,63	2,82	12,09	180,89	19,45	96,02	423,25	8,07	21,72	0,31	1,40	3,78	8,55	0,58	2,44	46,84
Tellaro	1,51	286,64	56,35	47,86	58,14	0,00	0,00	40,44	490,93	1,96	51,08	0,34	0,35	6,26	938,01	25,14	175,61	1198,74	0,51	14,92	0,39	0,39	1,96	32,49	0,75	5,57	56,97
Cassibile	0,31	0,00	0,05	0,30	3,13	0,00	0,00	2,37	6,17	0,41	0,00	0,00	0,00	0,34	163,67	14,26	12,62	191,30	0,11	0,00	0,00	0,00	0,11	6,81	0,43	0,32	7,78
Anapo	12,72	28,86	3,40	18,70	36,82	0,00	0,00	6,91	107,40	6,23	4,20	0,06	0,12	3,97	151,22	15,49	38,26	219,54	1,46	0,97	0,06	0,12	1,24	6,21	0,46	0,93	11,46
Ciane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,62	0,16	0,07	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,11
S. Leonardo (Lentini)	0,00	580,53	99,49	54,72	63,65	0,00	0,00	2,18	800,56	0,00	102,11	0,74	0,67	6,86	208,72	1,17	8,86	329,12	0,00	29,39	0,79	0,71	2,14	9,18	0,03	0,23	42,49
Simeto	110,78	588,89	102,13	556,93	407,11	0,00	0,00	34,94	1800,78	106,82	100,91	2,77	7,72	43,86	4998,68	57,23	135,80	6453,79	28,72	28,80	1,88	5,05	13,71	188,48	1,72	3,84	272,18
Salso	23,02	0,00	5,50	30,27	10,33	0,00	0,00	17,67	86,80	29,80	0,00	0,84	0,95	1,11	432,55	42,33	80,34	587,93	7,90	0,00	0,22	0,25	0,35	17,32	1,27	2,03	29,33
Dittaino	3,30	0,00	0,81	4,46	15,70	0,00	0,00	13,53	37,80	3,74	0,00	0,05	0,05	1,69	1625,23	8,72	57,43	1696,91	0,84	0,00	0,03	0,03	0,53	60,57	0,26	1,49	63,75
Gornalunga	13,78	4,82	1,89	10,39	102,55	0,00	0,00	6,96	140,40	16,33	0,68	0,09	0,10	11,05	1081,25	6,63	24,61	1140,75	3,87	0,15	0,11	0,13	3,45	40,30	0,20	0,67	48,88
Monaci	59,75	374,02	17,23	86,53	76,40	0,00	0,00	7,85	621,78	71,55	67,00	1,05	1,23	8,23	1759,62	29,82	33,65	1972,16	18,45	19,90	1,03	1,25	2,57	64,80	0,89	0,86	109,76
Alcantara	73,52	763,13	35,15	91,02	129,24	0,00	0,00	21,49	1113,54	39,26	143,75	0,73	1,19	13,92	181,99	187,37	91,36	659,58	12,29	45,20	1,33	1,99	4,35	8,21	5,62	2,34	81,33
Fiumentinisi	20,59	18,72	4,73	26,00	5,39	0,00	0,00	3,05	78,48	32,69	3,71	0,38	0,43	0,58	0,39	19,54	9,48	67,19	10,80	1,23	0,31	0,35	0,18	0,02	0,59	0,27	13,74

Bacini idrografici significativi che non hanno al loro interno un corso d'acqua significativo

ID	BOD (t/anno)									N (t/anno)									P (t/anno)								
	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale
BM fra Muto e Mela	74.03	0.00	55.87	307.31	192.69	0.00	0.00	2.79	632.69	29.53	0.00	1.13	5.10	20.76	67.22	10.06	6.36	140.16	9.81	0.00	0.31	1.38	6.49	2.82	0.30	0.30	21.40
BM fra Mazzarrà e Timeto	209.34	155.68	71.80	54.45	96.46	0.00	0.00	7.48	595.20	53.83	30.47	0.73	0.73	10.39	101.55	28.85	30.51	257.07	17.94	9.92	0.71	0.71	3.25	3.75	0.87	0.81	37.95
BM fra Birgi e Mazaro	40.52	71.74	240.45	580.24	484.08	0.00	0.00	4.28	1421.32	16.15	14.14	1.38	4.27	52.16	400.17	3.35	10.61	502.22	5.36	4.64	0.95	3.27	16.30	16.82	0.10	0.31	47.74
BM fra Scicli e Capo Passero	107.23	165.45	38.19	153.16	0.00	0.00	0.00	36.36	500.39	88.18	32.76	0.69	1.34	0.00	883.20	12.09	157.96	1176.20	27.86	10.80	0.95	1.74	0.00	34.42	0.36	5.00	81.13
BM fra Capo Passero e Tellaro	62.82	0.00	10.15	55.82	0.00	0.00	0.00	2.23	131.02	99.90	0.00	0.30	0.34	0.00	211.84	2.33	11.94	326.64	33.06	0.00	0.86	0.97	0.00	8.70	0.07	0.30	43.97
BM fra Fiumedini e Capo Peloro	400.81	19.97	110.93	460.47	572.43	0.00	0.00	1.82	1566.44	138.59	3.92	2.50	10.35	61.68	8.84	55.99	6.44	228.60	46.02	1.28	1.43	5.69	19.27	0.47	1.68	0.21	76.04

Tabella 4.1.2 – Sintesi dei carichi (organico e trofici) relativi ai corsi d'acqua (valori in %)

Corsi d'acqua significativi

ID	BOD (%)									N (%)									P (%)								
	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale
Pollina	8	53	12	16	3	0	0	9	100	14	11	0	0	0	17	4	53	100	42	32	2	2	1	6	1	13	100
Imera settentrionale	50	5	7	6	21	0	0	9	100	3	0	0	0	1	74	11	11	100	19	1	1	1	4	63	7	6	100
Torto	10	46	5	11	22	0	0	5	100	4	2	0	0	1	85	2	7	100	19	12	1	1	4	60	1	3	100
S. Leonardo	0	0	0	0	98	0	0	2	100	0	0	0	0	5	85	6	4	100	0	0	0	0	30	64	4	2	100
Eleuterio	8	60	3	14	15	0	0	1	100	8	16	0	0	2	62	8	3	100	21	44	1	2	7	21	2	1	100
Oreto	6	30	2	6	56	0	0	0	100	22	14	0	0	15	35	11	1	100	37	24	2	2	26	8	2	0	100
Nocella	25	4	7	36	27	0	0	1	100	26	1	0	1	5	50	12	4	100	58	3	2	5	11	18	3	1	100
S. Bartolomeo	11	0	3	18	62	0	0	5	100	2	0	0	0	1	92	2	3	100	13	0	0	0	7	76	2	2	100
Birgi	2	0	1	6	84	0	0	7	100	0	0	0	0	1	97	1	2	100	2	0	0	0	6	91	0	1	100
Arena	0	0	0	0	98	0	0	2	100	0	0	0	0	1	98	0	1	100	0	0	0	0	8	91	0	0	100
Belice	7	29	3	18	39	0	0	3	100	2	1	0	0	1	94	1	2	100	10	4	0	0	5	78	1	1	100
Carboj	0	0	0	0	83	0	0	17	100	0	0	0	0	0	95	2	2	100	0	0	0	0	3	93	2	2	100
Verdura	24	20	6	27	21	0	0	2	100	9	2	0	0	1	76	7	5	100	37	9	1	3	6	40	3	2	100
Magazzolo	0	0	0	0	85	0	0	15	100	0	0	0	0	0	95	3	2	100	0	0	0	0	2	94	2	1	100
Platani	4	46	5	6	32	0	0	7	100	0	1	0	0	0	91	3	4	100	2	7	0	0	4	82	2	2	100
Salito	8	17	3	10	49	0	0	12	100	0	0	0	0	0	94	2	3	100	2	0	0	0	3	91	2	2	100
Gallodoro	7	42	12	11	26	0	0	2	100	1	1	0	0	1	94	2	1	100	4	5	0	0	5	84	2	1	100
S. Leone	15	33	9	18	25	0	0	0	100	20	5	0	1	2	69	1	0	100	52	14	2	2	7	22	0	0	100
Naro	0	75	12	7	5	0	0	0	100	1	23	0	0	1	72	2	0	100	3	63	2	2	3	28	0	0	100
Imera meridionale	8	57	6	11	15	0	0	2	100	1	4	0	0	1	89	2	3	100	5	23	0	1	4	63	1	2	100
Gela	0	0	0	0	98	0	0	2	100	0	0	0	0	1	95	3	1	100	0	0	0	0	10	88	2	1	100
Acate	11	27	6	17	35	0	0	4	100	3	1	0	0	1	88	3	4	100	15	5	1	1	5	70	2	2	100
Ippari	16	6	5	19	50	0	0	4	100	10	0	0	0	2	75	2	10	100	39	2	1	1	10	43	1	3	100
Irminio	8	45	5	29	10	0	0	2	100	7	19	0	1	3	43	5	23	100	17	46	1	3	8	18	1	5	100
Tellaro	0	58	11	10	12	0	0	8	100	0	4	0	0	1	78	2	15	100	1	26	1	1	3	57	1	10	100
Cassibile	5	0	1	5	51	0	0	39	100	0	0	0	0	0	86	7	7	100	1	0	0	0	1	88	5	4	100
Anapo	12	27	3	17	34	0	0	6	100	3	2	0	0	2	69	7	17	100	13	8	0	1	11	54	4	8	100
Ciane	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	92	6	2	100	0	0	0	0	0	94	4	2	100
S. Leonardo (Lentini)	0	73	12	7	8	0	0	0	100	0	31	0	0	2	63	0	3	100	0	69	2	2	5	22	0	1	100
Simeto	6	33	6	31	23	0	0	2	100	2	2	0	0	1	92	1	2	100	11	11	1	2	5	69	1	1	100
Salso	27	0	6	35	12	0	0	20	100	5	0	0	0	0	74	7	14	100	27	0	1	1	1	59	4	7	100
Dittaino	9	0	2	12	42	0	0	36	100	0	0	0	0	0	96	1	3	100	1	0	0	0	1	95	0	2	100
Gornalunga	10	3	1	7	73	0	0	5	100	1	0	0	0	1	95	1	2	100	8	0	0	0	7	82	0	1	100
Monaci	10	60	3	14	12	0	0	1	100	4	3	0	0	0	89	2	2	100	17	18	1	1	2	59	1	1	100
Alcantara	7	69	3	8	12	0	0	2	100	6	22	0	0	2	28	28	14	100	15	56	2	2	5	10	7	3	100
Fiumedinisi	26	24	6	33	7	0	0	4	100	49	6	1	1	1	1	29	14	100	79	9	2	3	1	0	4	2	100

Bacini idrografici significativi che non hanno al loro interno un corso d'acqua significativo

ID	BOD (%)										N (%)										P (%)									
	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale			
BM fra Muto e Mela	12	0	9	49	30	0	0	0	100	21	0	1	4	15	48	7	5	100	46	0	1	6	30	13	1	1	100			
BM fra Mazzarrà e Timeto	35	26	12	9	16	0	0	1	100	21	12	0	0	4	40	11	12	100	47	26	2	2	9	10	2	2	100			
BM fra Birgi e Mazaro	3	5	17	41	34	0	0	0	100	3	3	0	1	10	80	1	2	100	11	10	2	7	34	35	0	1	100			
BM fra Scicli e Capo Passero	21	33	8	31	0	0	0	7	100	7	3	0	0	0	75	1	13	100	34	13	1	2	0	42	0	6	100			
BM fra Capo Passero e Tellaro	48	0	8	43	0	0	0	2	100	31	0	0	0	0	65	1	4	100	75	0	2	2	0	20	0	1	100			
BM fra Fiumedinisi e Capo Peloro	26	1	7	29	37	0	0	0	100	48	1	1	4	21	3	19	2	100	61	2	2	7	25	1	2	0	100			

LEGENDA: Dd: Domestici depurati; Dfnd: Domestici fognati non depurati; Pf: Produttivo in fognatura; Pci: Produttivo nei corpi idrici; S: Scaricatori di piena; F: fertilizzanti (suoli coltivati); DD: Dilavamento e deposizioni (suoli non coltivati); Z: Zootecnia

Tabella 4.2.1 – Sintesi dei carichi (organico e trofici) relativi a laghi naturali e artificiali (valori in t/anno)

ID	Nome	BOD (t/anno)										N (t/anno)										P (t/anno)									
		Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale		Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale		Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	
1	Arancio	74,01	10,40	20,76	18,85	88,53	0,00	0,00	6,27	218,81		21,59	1,63	0,21	0,22	9,54	454,04	28,23	24,31	539,77		5,50	0,41	0,15	0,16	2,98	16,89	0,85	0,64	27,58	
2	Piana degli Albanesi	12,91	22,44	4,32	23,78	21,48	0,00	0,00	0,97	85,91		20,11	4,37	0,31	0,35	2,31	90,87	10,66	3,78	132,76		6,50	1,41	0,19	0,22	0,72	3,37	0,32	0,10	12,84	
3	Garcia	127,97	35,36	22,55	13,37	32,45	0,00	0,00	9,34	241,04		25,58	5,82	0,31	0,29	3,50	943,14	26,62	45,81	1051,05		7,00	1,55	0,22	0,21	1,09	33,80	0,80	1,14	45,82	
4	Trinità	33,94	43,38	21,78	57,42	74,78	0,00	0,00	2,15	233,46		17,89	7,59	0,22	0,32	8,06	426,96	5,90	5,74	472,68		5,05	2,17	0,19	0,28	2,52	15,54	0,18	0,20	26,12	
5	Rubino	0,00	0,00	0,00	0,00	6,32	0,00	0,00	0,83	7,15		0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	171,25	6,58	2,42	180,94		0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	6,13	0,20	0,07	6,61	
6	Paceco	2,66	32,62	9,04	10,61	27,99	0,00	0,00	1,40	84,31		0,66	6,39	0,07	0,12	3,02	256,82	0,60	4,42	272,09		0,21	2,08	0,04	0,07	0,94	9,04	0,02	0,13	12,54	
7	Poma	11,67	269,44	83,37	51,69	59,72	0,00	0,00	2,11	477,99		17,45	52,33	0,97	0,91	6,43	342,93	26,14	9,73	456,90		5,39	16,87	0,59	0,56	2,01	13,19	0,78	0,28	39,67	
8	Rosamarina	74,40	58,76	16,82	40,37	44,35	0,00	0,00	15,27	249,98		48,57	9,57	0,64	0,69	4,78	1183,51	49,25	70,23	1367,23		14,82	2,52	0,47	0,52	1,49	41,86	1,48	1,78	64,95	
9	Scazzano	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	0,00	0,00	1,55	4,65		0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	149,81	13,78	7,73	171,66		0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	5,82	0,41	0,20	6,54	
10	Santa Rosalia	6,58	0,00	4,16	22,87	6,17	0,00	0,00	12,48	52,26		9,80	0,00	0,11	0,12	0,67	161,96	19,30	68,78	260,74		3,01	0,00	0,08	0,09	0,21	6,89	0,58	1,84	12,69	
11	Dirillo	19,43	0,00	3,77	20,75	21,10	0,00	0,00	5,96	71,00		28,94	0,00	0,11	0,12	2,27	208,80	19,40	31,52	291,17		8,89	0,00	0,25	0,29	0,71	7,77	0,58	0,79	19,28	
12	Biviere di Gela	0,00	415,03	4,00	22,00	2,50	0,00	0,00	0,27	443,81		0,00	74,73	0,20	0,23	0,27	133,72	2,97	0,65	212,77		0,00	22,09	0,55	0,62	0,08	4,76	0,09	0,02	28,23	
13	Dissucri	27,92	228,90	62,10	64,02	22,05	0,00	0,00	2,39	407,38		40,71	35,88	0,69	0,68	2,38	455,65	31,37	8,94	576,29		12,21	9,05	0,57	0,58	0,74	17,63	0,94	0,23	41,95	
14	Cimia	0,00	0,00	0,00	0,00	11,94	0,00	0,00	1,01	12,95		0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	173,32	17,82	4,31	196,73		0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	6,60	0,53	0,11	7,65	
15	Villaroia	0,00	118,71	19,91	14,85	12,67	0,00	0,00	7,02	173,15		0,00	22,81	0,33	0,33	1,38	195,58	16,56	32,00	268,97		0,00	7,27	0,17	0,16	0,43	7,48	0,50	0,80	16,80	
16	Olivo	38,26	0,00	12,41	68,27	21,70	0,00	0,00	2,88	143,53		13,78	0,00	0,22	1,00	2,34	218,65	13,26	12,51	261,77		4,08	0,00	0,11	0,51	0,73	8,15	0,40	0,31	14,30	
17	San Giovanni	47,61	18,55	3,03	16,66	34,19	0,00	0,00	0,15	126,19		71,91	3,50	0,32	0,36	3,68	217,50	2,15	0,45	299,87		22,44	1,09	0,73	0,82	1,15	8,27	0,06	0,01	34,58	
18	Fanaco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	7,19	8,11		0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	376,10	11,96	30,41	418,57		0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	13,82	0,36	0,78	15,00	
19	Castello	49,22	177,56	30,84	27,48	29,29	0,00	0,00	1,70	316,10		12,31	33,71	0,36	0,67	3,16	173,98	14,14	5,98	244,29		3,97	10,59	0,27	0,36	0,99	6,89	0,42	0,16	23,66	
20	Prizzi	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18	0,00	0,00	0,83	3,01		0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	65,11	3,94	3,64	72,92		0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	2,22	0,12	0,09	2,50	
21	Piano del Leone	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00	1,12	1,84		0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	43,11	2,83	4,64	50,65		0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,96	0,08	0,12	2,19	
22	Gammauta	15,57	0,00	3,09	17,01	15,69	0,00	0,00	2,00	53,37		23,68	0,00	0,18	0,20	1,69	87,69	16,08	8,50	138,02		7,45	0,00	0,19	0,21	0,53	2,99	0,48	0,21	12,06	
23	Ancipa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,22	11,22		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	19,51	50,95	70,80		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,59	1,27	1,87	
24	Sciaguana	0,00	128,88	3,29	18,09	5,20	0,00	0,00	3,18	158,64		0,00	23,81	0,07	0,32	0,56	210,15	3,31	14,84	253,07		0,00	7,25	0,04	0,16	0,18	7,20	0,10	0,38	15,30	
25	Pozzillo	39,80	194,94	39,99	50,91	60,87	0,00	0,00	64,18	450,69		21,39	31,67	0,62	0,75	6,56	834,94	116,48	292,52	1304,93		5,80	8,33	0,32	0,38	2,05	33,14	3,49	7,39	60,91	
26	Ponte Barca	132,38	436,54	30,48	167,62	244,84	0,00	0,00	73,63	1085,49		151,36	70,05	1,72	2,31	26,38	1237,69	276,74	343,24	2109,49		38,68	18,26	1,55	1,83	8,24	52,94	8,30	8,63	138,43	
27	Nicoletti	30,17	62,06	54,38	118,39	20,30	0,00	0,00	8,49	293,78		46,65	12,00	1,48	1,61	2,19	171,82	17,23	39,69	292,66		14,96	3,85	0,49	0,53	0,68	6,59	0,52	1,00	28,62	
28	Pergusa	0,00	11,75	0,41	2,28	6,97	0,00	0,00	0,31	21,73		0,00	2,20	0,03	0,04	0,75	16,28	0,98	1,36	21,63		0,00	0,68	0,02	0,02	0,23	0,75	0,03	0,03	1,76	
29	Biviere di Lentini	1,14	490,94	139,23	78,10	84,45	0,00	0,00	13,48	807,34		0,33	78,64	0,53	0,48	9,10	784,50	42,38	64,61	980,57		0,08	20,35	0,51	0,47	2,84	35,62	1,27	1,61	62,75	
30	Ogliastro	0,00	6,57	11,81	9,09	32,12	0,00	0,00	17,46	77,03		0,00	1,08	0,12	0,12	3,46	1324,73	36,20	78,75	1444,45		0,00	0,29	0,02	0,02	1,08	46,93	1,09	2,15	51,58	
31	Biviere di Cesarò	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,27		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,36	1,34	1,94		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,07	
32	Comunelli	0,00	96,90	6,27	3,45	8,89	0,00	0,00	0,95	116,45		0,00	15,64	0,02	0,02	0,96	315,44	10,18	2,52	344,77		0,00	4,08	0,11	0,10	0,30	11,83	0,31	0,07	16,78	

LEGENDA: Dd: Domestici depurati; Dfnd: Domestici fognati non depurati; Pf: Produttivo in fognatura; Pci: Produttivo nei corpi idrici; S: Scaricatori di piena; F: fertilizzanti (suoli coltivati); DD: Dilavamento e deposizioni (suoli non coltivati); Z: Zootecnica

Tabella 4.2.2 – Sintesi dei carichi (organico e trofici) relativi a laghi naturali e artificiali (valori in %)

ID	Nome	BOD (%)									N (%)									P (%)								
		Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale
1	Arancio	34	5	9	9	40	0	0	3	100	4	0	0	0	2	84	5	5	100	20	1	1	1	11	61	3	2	100
2	Piana degli Albanesi	15	26	5	28	25	0	0	1	100	15	3	0	0	2	68	8	3	100	51	11	1	2	6	26	2	1	100
3	Garcia	53	15	9	6	13	0	0	4	100	2	1	0	0	0	90	3	4	100	15	3	0	0	2	74	2	2	100
4	Trinità	15	19	9	25	32	0	0	1	100	4	2	0	0	2	90	1	1	100	19	8	1	1	10	59	1	1	100
5	Rubino	0	0	0	0	88	0	0	12	100	0	0	0	0	0	95	4	1	100	0	0	0	0	3	93	3	1	100
6	Paceco	3	39	11	13	33	0	0	2	100	0	2	0	0	1	94	0	2	100	2	17	0	1	8	72	0	1	100
7	Poma	2	56	17	11	12	0	0	0	100	4	11	0	0	1	75	6	2	100	14	43	1	1	5	33	2	1	100
8	Rosamarina	30	24	7	16	18	0	0	6	100	4	1	0	0	0	87	4	5	100	23	4	1	1	2	64	2	3	100
9	Scanzano	0	0	0	0	67	0	0	33	100	0	0	0	0	0	87	8	5	100	0	0	0	0	2	89	6	3	100
10	Santa Rosalia	13	0	8	44	12	0	0	24	100	4	0	0	0	0	62	7	26	100	24	0	1	1	2	54	5	15	100
11	Dirillo	27	0	5	29	30	0	0	8	100	10	0	0	0	1	72	7	11	100	46	0	1	1	4	40	3	4	100
12	Biviere di Gela	0	94	1	5	1	0	0	0	100	0	35	0	0	0	63	1	0	100	0	78	2	2	0	17	0	0	100
13	Dissuerti	7	56	15	16	5	0	0	1	100	7	6	0	0	0	79	5	2	100	29	22	1	1	2	42	2	1	100
14	Cinlia	0	0	0	0	92	0	0	8	100	0	0	0	0	1	88	9	2	100	0	0	0	0	5	86	7	1	100
15	Villarosa	0	69	11	9	7	0	0	4	100	0	8	0	0	1	73	6	12	100	0	43	1	1	3	45	3	5	100
16	Olivo	27	0	9	48	15	0	0	2	100	5	0	0	0	1	84	5	5	100	29	0	1	4	5	57	3	2	100
17	San Giovanni	40	15	3	14	28	0	0	0	100	24	1	0	0	1	73	1	0	100	65	3	2	2	3	24	0	0	100
18	Fanaco	0	0	0	0	11	0	0	89	100	0	0	0	0	0	90	3	7	100	0	0	0	0	0	92	2	5	100
19	Castello	16	56	10	9	9	0	0	1	100	5	14	0	0	1	71	6	2	100	17	45	1	2	4	29	2	1	100
20	Prizzi	0	0	0	0	72	0	0	28	100	0	0	0	0	0	89	5	5	100	0	0	0	0	3	89	5	4	100
21	Piano del Leone	0	0	0	0	39	0	0	61	100	0	0	0	0	0	85	6	9	100	0	0	0	0	1	90	4	5	100
22	Gammata	29	0	6	32	29	0	0	4	100	17	0	0	0	1	64	12	6	100	62	0	2	2	4	25	4	2	100
23	Ancipa	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	28	72	100	0	0	0	0	0	1	31	68	100
24	Sciaguana	0	81	2	11	3	0	0	2	100	0	9	0	0	0	83	1	6	100	0	47	0	1	1	47	1	2	100
25	Pozzillo	9	43	9	11	14	0	0	14	100	2	2	0	0	1	64	9	22	100	10	14	1	1	3	54	6	12	100
26	Ponte Barca	12	40	3	15	23	0	0	7	100	7	3	0	0	1	59	13	16	100	28	13	1	1	6	38	6	6	100
27	Nicoletti	10	21	19	40	7	0	0	3	100	16	4	1	1	1	59	6	14	100	52	13	2	2	2	23	2	3	100
28	Pergusa	0	54	2	10	32	0	0	1	100	0	10	0	0	3	75	5	6	100	0	38	1	1	13	43	2	2	100
29	Biviere di Lentini	0	61	17	10	10	0	0	2	100	0	8	0	0	1	80	4	7	100	0	32	1	1	5	57	2	3	100
30	Ogliastro	0	9	15	12	42	0	0	23	100	0	0	0	0	0	92	3	5	100	0	1	0	0	2	91	2	4	100
31	Biviere di Cesarò	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	12	19	69	100	0	0	0	0	0	38	15	47	100
32	Comunelli	0	83	5	3	8	0	0	1	100	0	5	0	0	0	91	3	1	100	0	24	1	1	2	70	2	0	100

LEGENDA: Dd: Domestici depurati; Dfnd: Domestici fognati non depurati; Pf: Produttivo in fognatura; Pci: Produttivo nei corpi idrici; S: Scaricatori di piena; F: fertilizzanti (suoli coltivati); DD: Dilavamento e deposizioni (suoli non coltivati); Z: Zootecnia

Tabella 4.3.1 – Sintesi dei carichi (organico e trofici) relativi ai tratti marino-costieri (valori in t/anno)

ID	Nome	BOD (t/anno)										N (t/anno)										P (t/anno)									
		Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale			
1	Capo Rosocolmo - Capo Milazzo	16,092	19,861	5,948	12,273	10,270	0,000	0,000	0,150	64,593	3,955	3,704	0,146	0,271	1,106	2,433	1,940	0,458	14,013	1,226	1,140	0,060	0,091	0,346	0,099	0,058	0,016	3,035			
2	Capo Milazzo - Capo Calavà	13,916	20,278	10,447	16,788	8,646	0,000	0,000	0,585	70,660	3,739	3,810	0,142	0,216	0,932	6,500	3,596	1,992	20,925	1,185	1,183	0,051	0,083	0,291	0,266	0,108	0,056	3,222			
3	Capo Calavà - Capo d'Orlando	4,435	13,481	4,860	3,815	5,178	0,000	0,000	0,236	32,007	0,861	2,225	0,070	0,113	0,468	1,342	1,594	0,671	7,343	0,324	0,774	0,029	0,038	0,174	0,130	0,094	0,028	1,591			
4	Capo d'Orlando - Cafalù	9,188	16,154	4,006	4,491	5,069	0,000	0,000	1,079	39,987	3,084	3,094	0,104	0,123	0,546	6,020	3,842	5,035	21,848	0,955	0,984	0,050	0,066	0,171	0,222	0,115	0,128	2,691			
5	Cafalù - Capo Zafferano	10,952	11,324	3,427	4,590	4,582	0,000	0,000	0,469	35,345	4,854	2,208	0,120	0,127	0,494	23,521	1,601	2,149	35,073	1,560	0,717	0,059	0,072	0,154	0,927	0,048	0,055	3,593			
6	Capo Zafferano - Capo Gallo	2,225	1,023	0,084	0,103	0,220	1,321	0,069	0,078	5,123	7,973	28,408	0,218	0,716	2,106	7,034	1,272	0,331	48,058	2,601	9,332	0,147	0,466	0,558	0,288	0,038	0,012	13,543			
7	Capo Gallo - Punta Raisi	12,244	8,295	2,112	8,163	23,686	0,000	0,000	0,048	54,547	3,602	1,612	0,063	0,204	2,552	1,639	0,580	0,202	10,455	1,182	0,520	0,039	0,139	0,797	0,077	0,017	0,006	2,777			
8	Punta Raisi - Capo Rama	5,791	21,513	2,150	1,183	5,563	0,000	0,000	0,004	36,205	1,157	4,258	0,030	0,027	0,599	1,774	0,163	0,025	8,033	0,385	1,403	0,080	0,072	0,187	0,091	0,005	0,001	2,224			
9	Capo Rama - Capo San Vito	4,276	24,861	2,770	5,688	7,035	0,000	0,000	0,216	44,846	4,392	4,915	0,055	0,075	0,758	22,942	1,062	0,714	34,913	1,406	1,618	0,091	0,104	0,237	0,876	0,032	0,024	4,388			
10	Capo San Vito - Punta Ligny	0,809	34,337	1,953	9,170	1,052	0,000	0,000	0,081	47,402	0,618	6,766	0,090	0,119	0,113	4,495	0,635	0,360	13,196	0,199	2,217	0,060	0,071	0,035	0,193	0,019	0,009	2,804			
11	Punta Ligny - Capo Ilibeo	2,772	4,757	4,542	7,432	7,592	0,000	0,000	0,188	27,285	0,693	0,937	0,033	0,061	0,818	26,109	0,179	0,536	29,366	0,223	0,307	0,023	0,044	0,256	0,988	0,005	0,015	1,861			
12	Capo Ilibeo - Capo Granitola	0,357	20,456	3,606	9,844	7,035	0,000	0,000	0,075	41,373	0,142	4,043	0,045	0,074	0,758	12,511	0,055	0,192	17,821	0,047	1,330	0,041	0,064	0,237	0,526	0,002	0,006	2,252			
13	Capo Granitola - Capo San Marco	20,428	13,367	6,917	8,775	8,543	0,000	0,000	0,367	58,398	5,499	2,508	0,052	0,070	0,920	49,905	0,717	1,140	60,811	1,666	0,782	0,062	0,080	0,288	1,910	0,022	0,035	4,843			
14	Capo San Marco - Licata	3,473	19,277	3,012	5,521	6,458	0,000	0,000	0,438	38,179	2,654	3,601	0,087	0,095	0,696	52,632	2,016	1,674	63,456	0,807	1,120	0,055	0,061	0,217	1,956	0,060	0,045	4,323			
15	Licata - Capo Scalambrì	7,755	14,976	3,434	12,558	8,726	0,000	0,000	0,804	48,253	4,632	2,733	0,067	0,121	0,940	79,160	2,175	3,778	93,607	1,367	0,844	0,052	0,083	0,294	2,989	0,065	0,095	5,791			
16	Capo Scalambrì - Punta Religione	12,268	18,539	3,750	16,145	9,665	0,000	0,000	1,413	61,778	6,969	3,237	0,074	0,138	1,041	21,826	0,855	7,016	41,155	2,115	0,931	0,069	0,105	0,325	0,894	0,026	0,196	4,661			
17	Punta Religione - Capo Passero	1,448	2,234	0,516	2,068	2,486	0,000	0,000	0,491	9,242	1,190	0,442	0,009	0,018	0,268	11,924	0,163	2,133	16,147	0,376	0,146	0,013	0,023	0,084	0,465	0,005	0,067	1,179			
18	Capo Passero - Tellaro	2,398	0,000	0,387	2,131	2,111	0,000	0,000	0,085	7,113	3,814	0,000	0,012	0,013	0,227	8,087	0,089	0,456	12,698	1,262	0,000	0,033	0,037	0,071	0,332	0,003	0,011	1,750			
19	Torre Vendicari - Capo Murro di Porco	1,256	12,708	2,502	2,561	6,766	0,000	0,000	0,828	26,620	1,801	2,417	0,019	0,021	0,729	25,266	1,236	3,673	35,162	0,583	0,763	0,041	0,043	0,228	0,934	0,037	0,113	2,742			
20	Capo Murro di Porco - Capo Santa Panagia	1,562	6,954	4,046	7,160	7,941	0,000	0,000	0,307	27,970	0,922	1,234	0,035	0,074	0,856	19,260	1,394	1,626	25,401	0,270	0,361	0,016	0,031	0,267	0,842	0,042	0,041	1,869			
21	Capo Santa Panagia - Capo Santa Croce	2,223	3,991	9,277	14,053	5,633	0,000	0,000	0,039	35,217	0,876	0,792	0,070	0,150	0,607	2,892	0,135	0,196	5,718	0,288	0,262	0,016	0,041	0,190	0,160	0,004	0,005	0,965			
22	Capo Santa Croce - Torre Archirafi	4,547	25,127	15,304	27,219	26,060	0,000	0,000	0,430	98,687	2,314	4,692	0,144	0,361	2,808	55,684	1,421	1,679	69,104	0,698	1,460	0,098	0,212	0,877	2,186	0,043	0,048	5,622			
23	Torre Archirafi - Capo Scaletta	11,528	24,140	8,956	15,764	21,271	0,000	0,000	0,515	82,173	4,858	4,636	0,110	0,246	2,292	6,641	5,959	2,055	26,797	1,591	1,485	0,109	0,192	0,716	0,307	0,179	0,055	4,634			
24	Capo Scaletta - Capo Rosocolmo	8,563	7,612	2,672	8,643	10,095	0,000	0,000	0,035	37,621	2,710	1,422	0,070	0,193	1,088	0,305	1,066	0,124	6,978	0,220	0,465	0,018	0,019	0,062	0,011	0,011	0,001	0,807			

LEGENDA: Dd: Domestici depurati; Dfnd: Domestici fognati non depurati; Pf: Produttivo in fognatura; Pci: Produttivo nei corpi idrici; S: Scaricatori di piena; F: fertilizzanti (suoli coltivati); DD: Dilavamento e deposizioni (suoli non coltivati); Z: Zootecnia

Tabella 4.3.2 – Sintesi dei carichi (organico e trofici) relativi ai tratti marin-costieri (valori in %)

ID	Nome	BOD (%)									N (%)									P (%)								
		Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	S	F	DD	Z	totale
1	Capo Rosocolmo - Capo Milazzo	25	31	9	19	16	0	0	0	100	28	26	1	2	8	17	14	3	100	40	38	2	3	11	3	2	1	100
2	Capo Milazzo - Capo Calavà	20	29	15	24	12	0	0	1	100	18	18	1	1	4	31	17	10	100	37	37	2	3	9	8	3	2	100
3	Capo Calavà - Capo d'Orlando	14	42	15	12	16	0	0	1	100	12	30	1	2	6	18	22	9	100	20	49	2	2	11	8	6	2	100
4	Capo d'Orlando - Cafaliù	23	40	10	11	13	0	0	3	100	14	14	0	1	2	28	18	23	100	35	37	2	2	6	8	4	5	100
5	Cafaliù - Capo Zafferano	31	32	10	13	13	0	0	1	100	14	6	0	0	1	67	5	6	100	43	20	2	2	4	26	1	2	100
6	Capo Zafferano - Capo Gallo	43	20	2	2	4	26	1	2	100	17	59	0	1	4	15	3	1	100	19	69	1	3	5	2	0	0	100
7	Capo Gallo - Punta Raisi	22	15	4	15	43	0	0	0	100	34	15	1	2	24	16	6	2	100	43	19	1	5	29	3	1	0	100
8	Punta Raisi - Capo Rama	16	59	6	3	15	0	0	0	100	14	53	0	0	7	22	2	0	100	17	63	4	3	8	4	0	0	100
9	Capo Rama - Capo San Vito	10	55	6	13	16	0	0	0	100	13	14	0	0	2	66	3	2	100	32	37	2	2	5	20	1	1	100
10	Capo San Vito - Punta Ligny	2	72	4	19	2	0	0	0	100	5	51	1	1	1	34	5	3	100	7	79	2	3	1	7	1	0	100
11	Punta Ligny - Capo Lilibeo	10	17	17	27	28	0	0	1	100	2	3	0	0	3	89	1	2	100	12	16	1	2	14	53	0	1	100
12	Capo Lilibeo - Capo Granitola	1	49	9	24	17	0	0	0	100	1	23	0	0	4	70	0	1	100	2	59	2	3	11	23	0	0	100
13	Capo Granitola - Capo San Marco	35	23	12	15	15	0	0	1	100	9	4	0	0	2	82	1	2	100	34	16	1	2	6	39	0	1	100
14	Capo San Marco - Licata	9	50	8	14	17	0	0	1	100	4	6	0	0	1	83	3	3	100	19	26	1	1	5	45	1	1	100
15	Licata - Capo Scaleroti	16	31	7	26	18	0	0	2	100	5	3	0	0	1	85	2	4	100	24	15	1	1	5	52	1	2	100
16	Capo Scaleroti - Punta Religione	20	30	6	26	16	0	0	2	100	17	8	0	0	3	53	2	17	100	45	20	1	2	7	19	1	4	100
17	Punta Religione - Capo Passero	16	24	6	22	27	0	0	5	100	7	3	0	0	2	74	1	13	100	32	12	1	2	7	39	0	6	100
18	Capo Passero - Tellaro	34	0	5	30	30	0	0	1	100	30	0	0	0	2	64	1	4	100	72	0	2	2	4	19	0	1	100
19	Torre Venticani - Capo Murro di Porco	5	48	9	10	25	0	0	3	100	5	7	0	0	2	72	4	10	100	21	28	2	2	8	34	1	4	100
20	Capo Murro di Porco - Capo Santa Panagia	6	25	14	26	28	0	0	1	100	4	5	0	0	3	76	5	6	100	14	19	1	2	14	45	2	2	100
21	Capo Santa Panagia - Capo Santa Croce	6	11	26	40	16	0	0	0	100	15	14	1	3	11	51	2	3	100	30	27	2	4	20	17	0	1	100
22	Capo Santa Croce - Torre Archirafi	5	25	16	28	26	0	0	0	100	3	7	0	1	4	81	2	2	100	12	26	2	4	16	39	1	1	100
23	Torre Archirafi - Capo Scaletta	14	29	11	19	26	0	0	1	100	18	17	0	1	9	25	22	8	100	34	32	2	4	15	7	4	1	100
24	Capo Scaletta - Capo Rosocolmo	23	20	7	23	27	0	0	0	100	39	20	1	3	16	4	15	2	100	27	58	2	2	8	1	1	0	100

LEGENDA: Dd: Domestici depurati; Dfnd: Domestici fognati non depurati; Pf: Produttivo in fognatura; Pci: Produttivo nei corpi idrici; S: Scaricatori di piena; F: fertilizzanti (suoli coltivati); DD: Dilavamento e deposizioni (suoli non coltivati); Z: Zootecnia

Tabella 4.4.1 – Sintesi dei carichi trofici relativi ai bacini idrogeologici (valori in t/anno)

ID	Bacini idrogeologici	corpi idrici	N (t/anno)				P (t/anno)*100					
			Dnf	F	DD	Z	totale	Dnf	F	DD	Z	totale
1	Monti Peloritani	Alcantara	1,66	55,45	37,98	19,31	114,41	27,72	6,64	2,92	1,11	38,39
2	Monti di Palermo	Belmonte-P. Mirabella	154,50	293,71	45,36	14,43	508,00	2574,99	29,19	3,49	1,15	2608,82
3	Monti Peloritani	Brolo	0,57	3,07	4,07	1,33	9,05	9,56	0,42	0,31	0,09	10,39
4	Monti Nebrodi	Capizzi-P. Ila Cerasa	0,39	45,43	13,27	37,45	96,54	6,48	4,62	1,02	2,05	14,18
5	Monti di Trabia e Termini Imerese	Capo Grosso-Torre Colonna	0,33	2,52	0,54	0,30	3,70	5,56	0,26	0,04	0,02	5,88
6		Caronia	0,07	3,18	1,89	1,25	6,39	1,21	0,31	0,15	0,07	1,73
7	Monte Etna	Etna Est	15,11	493,70	113,44	28,70	650,94	251,79	62,13	8,73	2,11	324,75
8	Monte Etna	Etna Nord	2,80	83,91	74,82	44,05	205,59	46,71	9,72	5,76	2,46	64,65
9	Monte Etna	Etna Ovest	46,05	873,02	157,44	202,34	1278,85	767,43	95,15	12,11	11,25	885,94
10	Monti Peloritani	Floresta	6,56	0,67	0,35	0,16	7,74	0,39	5,39	4,61	2,77	13,17
11	Monti Peloritani	Giosia Marea	0,15	0,55	0,83	0,19	1,73	2,54	0,06	0,06	0,02	2,68
12	Monti Iblei	Lentinese	10,55	875,66	41,11	78,01	1005,34	175,87	103,71	3,16	4,26	287,01
13	Monti Sicani	Menfi-Capo S. Marco	3,82	254,85	5,54	8,24	272,44	63,60	25,08	0,43	0,53	89,64
14	Monti Peloritani	Messina-Capo Peloro	2,51	5,56	25,57	3,48	37,11	41,80	0,69	1,97	0,24	44,70
15	Monti Peloritani	Mirto Tortorici	3,90	46,47	28,44	44,46	123,28	65,00	5,07	2,19	2,52	74,78
16	Monti di Trapani	Monte Bonifato	0,70	16,77	0,38	0,58	18,43	11,61	1,59	0,03	0,05	13,27
17	Monti di Palermo	Monte Castellaccio	26,12	13,02	4,61	1,89	45,64	435,36	1,56	0,35	0,12	437,39
18	Monti di Palermo	Monte Cuccio-Gibimesi	10,24	35,54	10,89	1,78	58,45	170,59	4,01	0,84	0,13	175,56
19	Monti Madonie	Monte dei Cervi	3,59	91,48	14,55	60,67	170,30	59,81	9,52	1,12	3,33	73,78
20	Monti di Trapani	Monte Erice	13,11	43,33	2,17	1,90	60,51	218,52	4,43	0,17	0,11	221,16
21	Monti Sicani	Monte Genuardo	0,61	102,19	5,35	6,26	114,41	10,08	9,64	0,41	0,35	70,49
22	Monti di Palermo	Monte Gradara	4,33	72,70	7,24	2,45	86,72	72,16	7,51	0,56	0,15	80,38
23	Monti di Palermo	Monte Kumeta	0,62	55,02	3,38	2,10	61,12	10,33	5,32	0,26	0,14	16,05
24	Monti Sicani	Monte Magaggiaro	1,25	73,74	1,47	2,18	78,63	20,76	7,26	0,11	0,15	28,28
25	Monti di Palermo	Monte Mirto	2,29	21,76	1,76	0,70	26,51	38,14	2,34	0,14	0,04	40,65
26	Monti di Palermo	Monte Palmeto	42,50	36,18	3,24	0,81	82,73	708,31	4,53	0,25	0,04	713,14
27	Monti di Palermo	Monte Pecoraro	85,94	63,65	11,82	4,37	165,77	1432,26	7,73	0,91	0,27	1441,16
28	Monti Madonie	Monte Quacella	2,81	25,96	4,75	43,71	77,23	46,90	2,51	0,37	2,39	52,16
29	Monti di Trapani	Monte Ramaloro-Monte Inici	10,38	185,65	16,80	6,98	219,82	173,08	17,50	1,29	0,48	192,35
30	Monti di Trabia-Termini Imerese	Monte Rosamarina-Monte Pleri	1,58	25,91	3,09	2,12	32,70	26,34	2,56	0,24	0,12	29,26
31	Monti di Trabia-Termini Imerese	Monte San Onofrio-Monte Rotondo	2,92	35,83	4,70	3,37	46,83	48,61	3,55	0,36	0,20	52,73
32	Monti di Palermo	Monte Saraceno	6,75	26,71	2,87	1,20	37,53	112,56	2,76	0,22	0,07	115,62
33	Monti Nebrodi	Monte Soro	9,27	196,95	101,52	176,99	484,73	162,43	24,55	10,15	11,52	208,65
34	Monti di Trapani	Monte Sparagio-Monte Monaco	21,69	138,88	37,76	19,68	218,01	361,47	15,83	2,90	1,09	381,30
35	Monti Sicani	Montevago	0,78	91,25	4,06	4,51	100,61	12,99	8,76	0,31	0,27	22,33
36	Monti Peloritani	Naso	0,09	1,83	1,21	0,72	3,84	1,46	0,24	0,09	0,04	1,83
37	Monti Peloritani	Peloritani centrali	16,73	160,80	109,81	64,41	351,76	278,78	17,00	8,45	4,02	308,24
38	Monti Peloritani	Peloritani meridionali	8,50	142,60	123,77	91,24	366,11	141,69	16,34	9,52	5,19	172,74
39	Monti Peloritani	Peloritani nord-occidentali	0,38	28,84	8,29	9,81	47,32	6,29	2,71	0,64	0,54	10,18
40	Monti Peloritani	Peloritani nord-orientali	7,93	91,68	46,44	17,18	163,23	132,15	9,59	3,57	1,23	146,55
41	Monti Peloritani	Peloritani occidentali	6,17	71,64	49,82	81,16	208,80	102,77	7,15	3,83	4,56	111,11
42	Monti Peloritani	Peloritani orientali	22,86	186,41	268,86	81,73	559,87	381,00	21,44	20,68	5,25	428,37
43	Monti Peloritani	Peloritani sud-orientali	0,59	10,30	15,09	3,22	29,20	9,84	0,98	1,16	0,20	12,18
44	Monti Iblei	Piana di Augusta-Priolo	7,06	118,36	5,42	9,35	140,19	117,71	16,48	0,42	0,51	135,12
45	Monti Peloritani	Piana di Barcellona-Milazzo	6,05	107,49	42,12	22,53	178,19	100,77	11,48	3,24	1,59	117,09
46	Piana Castelvetro-Campobello di Mazara	Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara	14,72	538,47	5,30	14,30	572,79	245,39	58,67	0,41	0,95	305,41
47	Piana di Catania	Piana di Catania	6,01	1757,20	27,92	58,78	1849,92	100,23	170,83	2,15	3,63	276,84
48	Piana di Marsala-Mazara del Vallo	Piana di Marsala-Mazara del Vallo	309,42	648,48	4,44	17,05	979,38	5156,96	69,03	0,34	1,10	5227,42
49	Monti Iblei	Piana di Vittoria	11,53	1332,87	31,99	199,77	1576,16	192,14	141,33	2,46	10,85	346,78
50	Piazza Armerina	Piazza Armerina	11,47	1515,07	59,35	61,24	1647,12	191,14	143,43	4,57	3,45	342,59
51	Monti Madonie	Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo	14,00	69,07	12,84	189,55	285,46	233,29	6,51	0,99	10,41	251,21
52	Monti Madonie	Pizzo Catinacci	1,74	41,23	2,56	25,06	70,59	29,04	3,78	0,20	1,37	34,39
53	Monti di Trabia-Termini Imerese	Pizzo Chiarastella	0,02	2,63	0,11	0,11	2,87	0,30	0,26	0,01	0,01	0,57
54	Monti di Trabia-Termini Imerese	Pizzo di Cane-Monte San Calogero	3,98	116,48	5,49	8,07	134,03	66,41	11,41	0,42	0,45	78,69
55	Monti Nebrodi	Pizzo Michele-Monte Castelli	2,27	234,77	208,83	271,22	717,09	41,87	23,90	17,75	15,27	98,79
56	Monti di Palermo	Pizzo Vuturo-Monte Pellegrino	34,89	17,63	6,23	2,53	61,28	581,45	2,11	0,48	0,16	584,19
57	Monti Iblei	Ragusano	63,13	2514,59	87,72	734,30	3399,73	1052,15	252,58	6,75	45,83	1357,31
58	Monti Nebrodi	Reitano-Monte Castellaci	1,21	46,20	36,19	27,96	111,56	20,21	4,35	2,78	1,59	28,93
59	Rocca Busambra	Roccabusambra	0,63	99,45	3,81	6,16	110,05	10,56	9,15	0,29	0,34	20,34
60	Monti Peloritani	Roccalumera	0,33	3,38	7,04	1,01	11,76	5,44	0,38	0,54	0,06	6,42
61	Monti Peloritani	S. Agata-Capo d'Orlando	1,04	27,47	11,86	16,20	56,56	17,41	2,74	0,91	0,91	21,92
62	Monti Sicani	Saccenze meridionale	1,67	233,16	12,61	12,74	260,17	27,88	22,44	0,97	0,73	52,82
63	Monti Nebrodi	Santo Stefano	0,04	1,22	1,02	0,31	2,59	0,60	0,12	0,08	0,02	0,82
64	Monti Sicani	Sicani centrali	1,30	126,30	15,08	10,41	153,08	21,62	12,11	1,16	0,58	35,47
65	Monti Sicani	Sicani meridionali	1,16	169,17	13,98	12,03	196,33	19,27	16,88	1,08	0,67	37,89
66	Monti Sicani	Sicani orientali	0,84	404,90	15,47	29,35	450,56	14,05	38,25	1,19	1,66	55,14
67	Monti Sicani	Sicani settentrionali	0,91	177,99	11,39	12,26	202,55	15,24	16,31	0,88	0,67	33,10
68	Monti Iblei	Siracusano meridionale	14,92	1401,22	91,80	122,67	1630,61	251,52	153,77	7,16	7,76	420,21
69	Monti Iblei	Siracusano nord-orientale	12,04	284,97	12,64	22,53	332,18	200,63	36,03	0,97	1,25	238,89
70	Monti Peloritani	Timeto	0,69	5,82	3,54	1,83	11,88	11,52	0,61	0,27	0,12	12,52
71	Monti Nebrodi	Tusa	0,01	1,53	1,22	2,06	4,82	0,14	0,14	0,09	0,12	0,49

LEGENDA: Dnf: Domestici non fognati; F: fertilizzanti (suoli coltivati); DD: Dilavamento e deposizioni (suoli non coltivati); Z: Zootecnia

Tabella 4.4.2 – Sintesi dei carichi trofici relativi ai bacini idrogeologici (valori in %)

ID	Bacini idrogeologici	Nome	N (%)					P (%)				
			Dd	Dfnd	Pf	Pci	totale	Dd	Dfnd	Pf	Pci	totale
1	Monti Peloritani	Alcantara	1	48	33	17	100	72	17	8	3	100
2	Monti di Palermo	Belmonte-P. Mirabella	30	58	9	3	100	99	1	0	0	100
3	Monti Peloritani	Brolo	6	34	45	15	100	92	4	3	1	100
4	Monti Nebrodi	Capizzi-P. Ila Cerasa	0	47	14	39	100	46	33	7	14	100
5	Monti di Trabia e Termini Imerese	Capo Grosso-Torre Colonna	9	68	15	8	100	95	4	1	0	100
6	Monti Nebrodi	Caronia	1	50	30	20	100	70	18	8	4	100
7	Monte Etna	Etna Est	2	76	17	4	100	78	19	3	1	100
8	Monte Etna	Etna Nord	1	41	36	21	100	72	15	9	4	100
9	Monte Etna	Etna Ovest	4	68	12	16	100	87	11	1	1	100
10	Monti Peloritani	Floresta	85	9	5	2	100	3	41	35	21	100
11	Monti Peloritani	Gioiosa Marea	9	32	48	11	100	95	2	2	1	100
12	Monti Iblei	Lentinese	1	87	4	8	100	61	36	1	1	100
13	Monti Sicani	Menfi-Capo S. Marco	1	94	2	3	100	71	28	0	1	100
14	Monti Peloritani	Messina-Capo Peloro	7	15	69	9	100	94	2	4	1	100
15	Monti Peloritani	Mirto Tortorici	3	38	23	36	100	87	7	3	3	100
16	Monti di Trapani	Monte Bonifato	4	91	2	3	100	87	12	0	0	100
17	Monti di Palermo	Monte Castellaccio	57	29	10	4	100	100	0	0	0	100
18	Monti di Palermo	Monte Cuccio-Gibilmese	18	61	19	3	100	97	2	0	0	100
19	Monti Madonie	Monte dei Cervi	2	54	9	36	100	81	13	2	5	100
20	Monti di Trapani	Monte Erice	22	72	4	3	100	98	2	0	0	100
21	Monti Sicani	Monte Genuardo	1	89	5	5	100	49	47	2	2	100
22	Monti di Palermo	Monte Gradara	5	84	8	3	100	90	9	1	0	100
23	Monti di Palermo	Monte Kumeta	1	90	6	3	100	64	33	2	1	100
24	Monti Sicani	Monte Magaggiaro	2	94	2	3	100	73	26	0	1	100
25	Monti di Palermo	Monte Mirto	9	82	7	3	100	94	6	0	0	100
26	Monti di Palermo	Monte Palmeto	51	44	4	1	100	99	1	0	0	100
27	Monti di Palermo	Monte Pecoraro	52	38	7	3	100	99	1	0	0	100
28	Monti Madonie	Monte Quacella	4	34	6	57	100	90	5	1	5	100
29	Monti di Trapani	Monte Ramallo-Monte Inici	5	84	8	3	100	90	9	1	0	100
30	Monti di Trabia-Termini Imerese	Monte Rosamarina-Monte Pleri	5	79	9	6	100	90	9	1	0	100
31	Monti di Trabia-Termini Imerese	Monte San Onofrio-Monte Rotondo	6	77	10	7	100	92	7	1	0	100
32	Monti di Palermo	Monte Saraceno	18	71	8	3	100	97	2	0	0	100
33	Monti Nebrodi	Monte Soro	2	41	21	37	100	78	12	5	6	100
34	Monti di Trapani	Monte Sparagio-Monte Monaco	10	64	17	9	100	95	4	1	0	100
35	Monti Sicani	Montevago	1	91	4	4	100	58	39	1	1	100
36	Monti Peloritani	Naso	2	48	32	19	100	80	13	5	2	100
37	Monti Peloritani	Peloritani centrali	5	46	31	18	100	90	6	3	1	100
38	Monti Peloritani	Peloritani meridionali	2	39	34	25	100	82	9	6	3	100
39	Monti Peloritani	Peloritani nord-occidentali	1	61	18	21	100	62	27	6	5	100
40	Monti Peloritani	Peloritani nord-orientali	5	56	28	11	100	90	7	2	1	100
41	Monti Peloritani	Peloritani occidentali	3	34	24	39	100	87	6	3	4	100
42	Monti Peloritani	Peloritani orientali	4	33	48	15	100	89	5	5	1	100
43	Monti Peloritani	Peloritani sud-orientali	2	35	52	11	100	81	8	10	2	100
44	Monti Iblei	Piana di Augusta -Priolo	5	84	4	7	100	87	12	0	0	100
45	Monti Peloritani	Piana di Barcellona-Milazzo	3	60	24	13	100	86	10	3	1	100
46	Piana Castelvetro-Campobello di Mazara	Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara	3	94	1	2	100	80	19	0	0	100
47	Piana di Catania	Piana di Catania	0	95	2	3	100	36	62	1	1	100
48	Piana di Marsala-Mazara del Vallo	Piana di Marsala-Mazara del Vallo	32	66	0	2	100	99	1	0	0	100
49	Monti Iblei	Piana di Vittoria	1	85	2	13	100	55	41	1	3	100
50	Piazza Armerina	Piazza Armerina	1	92	4	4	100	56	42	1	1	100
51	Monti Madonie	Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo	5	24	4	66	100	93	3	0	4	100
52	Monti Madonie	Pizzo Catarineci	2	58	4	36	100	84	11	1	4	100
53	Monti di Trabia-Termini Imerese	Pizzo Chiarastella	1	92	4	4	100	52	45	1	1	100
54	Monti di Trabia-Termini Imerese	Pizzo di Cane-Monte San Calogero	3	87	4	6	100	84	14	1	1	100
55	Monti Nebrodi	Pizzo Michele-Monte Castelli	0	33	29	38	100	42	24	18	15	100
56	Monti di Palermo	Pizzo Vuturo-Monte Pellegrino	57	29	10	4	100	100	0	0	0	100
57	Monti Iblei	Ragusano	2	74	3	22	100	78	19	0	3	100
58	Monti Nebrodi	Reitano-Monte Castellaci	1	41	32	25	100	70	15	10	5	100
59	Rocca Busambra	Roccalbusambra	1	90	3	6	100	52	45	1	2	100
60	Monti Peloritani	Roccalumera	3	29	60	9	100	85	6	8	1	100
61	Monti Peloritani	S. Agata-Capo d'Orlando	2	49	21	29	100	79	12	4	4	100
62	Monti Sicani	Saccenze meridionale	1	90	5	5	100	54	43	2	1	100
63	Monti Nebrodi	Santo Stefano	1	47	40	12	100	74	14	10	2	100
64	Monti Sicani	Sicani centrali	1	83	10	7	100	61	34	3	2	100
65	Monti Sicani	Sicani meridionali	1	86	7	6	100	51	45	3	2	100
66	Monti Sicani	Sicani orientali	0	90	3	7	100	25	69	2	3	100
67	Monti Sicani	Sicani settentrionali	1	86	6	8	100	46	49	3	2	100
68	Monti Iblei	Siracusano meridionale	4	141	6	11	100	60	37	2	2	100
69	Monti Iblei	Siracusano nord-orientale	4	86	4	7	100	84	15	0	1	100
70	Monti Peloritani	Timeto	6	49	30	15	100	92	5	2	1	100
71	Monti Nebrodi	Tusa	0	32	25	43	100	28	29	19	24	100

LEGENDA: Dnf: Domestici non fognati; F: fertilizzanti (suoli coltivati); DD: Dilavamento e deposizioni (suoli non coltivati); Z: Zootecnia

Tabella 5.1.1 – Carichi superficiali dei corsi d'acqua

Corsi d'acqua significativi

ID	Superficie (km ²)	BOD (t/anno km ²)	N (t/anno km ²)	P (t/anno km ²)
Pollina	32,23	7,21	5,83	0,58
Imera settentrionale	342,03	0,46	1,81	0,09
Torto	357,20	0,73	2,81	0,15
S. Leonardo	7,19	0,75	1,61	0,08
Eleuterio	147,64	3,30	2,15	0,23
Oreto	129,69	5,11	2,02	0,37
Nocella	102,95	3,00	1,79	0,25
S. Bartolomeo	425,01	0,37	2,56	0,11
Birgi	262,84	0,22	2,87	0,11
Arena	122,15	0,28	2,35	0,11
Belice	496,81	0,49	2,86	0,13
Belice sinistro (Garcia)	345,06	0,70	3,05	0,13
Carboj	49,27	0,11	2,64	0,10
Verdura	287,39	1,33	2,08	0,15
Magazzolo	120,86	0,08	2,32	0,09
Platani	1718,00	0,39	2,78	0,11
Salito	632,69	0,20	3,14	0,12
Gallodoro	204,12	0,65	2,90	0,12
S. Leone	209,29	3,54	3,76	0,44
Naro	179,43	5,35	3,14	0,34
Imera meridionale	1689,36	1,15	3,04	0,15
Gela	229,90	0,30	2,17	0,10
Acate	643,83	0,48	2,21	0,11
Ippari	259,06	1,15	2,66	0,19
Irminio	145,48	7,44	2,91	0,32
Tellaro	388,93	1,26	3,08	0,15
Cassibile	92,96	0,07	2,06	0,08
Anapo	101,32	1,06	2,17	0,11
Ciane	1,25	0,01	2,29	0,09
S. Leonardo (Lentini)	94,14	8,50	3,50	0,45
Simeto	1726,71	1,04	3,16	0,16
Salso	254,15	0,34	2,31	0,12
Dittaino	508,30	0,07	3,34	0,13
Gornalunga	349,52	0,40	3,26	0,14
Monaci	612,97	1,01	3,22	0,18
Alcantara	557,23	2,00	1,18	0,15
Fiumedinisi	49,73	1,58	1,35	0,28

Bacini idrografici significativi che hanno al loro interno un corso d'acqua sign.

ID	Superficie (km ²)	BOD (t/anno km ²)	N (t/anno km ²)	P (t/anno km ²)
BM fra Muto e Mela	63,88	9,90	2,19	0,34
BM fra Mazzarrà e Timeto	119,51	4,98	2,15	0,32
BM fra Birgi e Mazaro	246,57	5,76	2,04	0,19
BM fra Scicli e Capo Passero	362,74	1,38	3,24	0,22
BM fra Capo Passero e Tellaro	99,92	1,31	3,27	0,44
BM fra Fiumedinisi e Capo Peloro	172,80	9,07	1,67	0,44

Tabella 5.1.2 – Concentrazioni medie dei corsi d'acqua

Corsi d'acqua significativi

ID	BOD (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)
Pollina	38,56	31,17	3,11
Imera settentrionale	2,29	9,01	0,44
Torto	7,96	29,43	1,57
S. Leonardo	6,96	14,93	0,76
Eleuterio	18,35	11,98	1,30
Oreto	19,78	7,81	1,45
Nocella	21,30	12,68	1,77
S. Bartolomeo	2,61	18,08	0,81
Birgi	1,92	24,51	0,95
Arena	7,37	61,69	2,87
Belice	4,18	24,19	1,09
Belice sinistro (Garcia)	4,01	17,48	0,76
Carboj	2,55	60,01	2,32
Verdura	1,77	2,78	0,20
Magazzolo	0,11	3,17	0,13
Platani	6,41	45,80	1,84
Salito	3,20	50,86	1,88
Gallodoro	9,85	43,96	1,78
S. Leone	4,63	4,93	0,58
Naro	81,82	47,98	5,20
Imera meridionale	11,40	30,25	1,54
Gela	7,39	54,18	2,41
Acate	1,46	3,58	0,20
Ippari	11,95	27,77	2,03
Irminio	81,81	31,99	3,54
Tellaro	11,60	28,33	1,35
Cassibile	0,18	5,66	0,23
Anapo	4,07	8,31	0,43
Ciane	0,02	3,12	0,12
S. Leonardo (Lentini)	0,95	3,27	0,17
Simeto	4,28	12,95	0,65
Salso	0,46	3,14	0,16
Dittaino	0,31	14,06	0,53
Gornalunga	1,61	13,08	0,56
Monaci	4,47	12,39	0,76
Alcantara	5,67	3,36	0,41
Fiumedinisi	6,17	5,28	1,08

Bacini idrografici significativi che hanno al loro interno un corso d'acqua sign.

ID	BOD (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)
BM fra Muto e Mela	35,49	7,86	1,20
BM fra Mazzarrà e Timeto	16,63	7,18	1,06
BM fra Birgi e Mazaro	50,42	17,81	1,69
BM fra Scicli e Capo Passero	138,26	36,64	12,32
BM fra Capo Passero e Tellaro	90,12	70,35	24,42
BM fra Fiumedinisi e Capo Peloro	19,41	3,57	0,94

Tabella 5.2.1 – Carichi superficiali di azoto e fosforo per laghi naturali e artificiali

ID	Nome	Superficie (Km ²)	N (t/anno km ²)	P (t/anno km ²)
1	Arancio	1,31	5,05	138,15
2	Piana degli Albanesi	1,20	21,79	394,36
3	Garcia	0,46	27,14	588,81
4	Trinità	4,18	9,48	109,24
5	Rubino	3,08	14,88	341,28
6	Paceco	0,85	2,96	86,29
7	Poma	0,11	114,10	1305,77
8	Rosamarina	0,49	4,48	103,60
9	Scanzano	2,21	29,37	618,21
10	Santa Rosalia	0,96	6,82	178,89
11	Dirillo	1,18	12,69	354,15
12	Biviere di Gela	2,94	4,37	45,19
13	Dissueri	1,58	14,98	154,66
14	Cimia	1,90	18,21	157,91
15	Villarosa	2,48	11,13	217,92
16	Olivo	1,06	39,42	541,58
17	San Giovanni	0,59	12,94	332,88
18	Fanaco	0,52	32,46	667,00
19	Castello	0,81	23,70	357,92
20	Prizzi	4,00	12,91	361,56
21	Piano del Leone	1,14	11,15	229,06
22	Gammata	7,81	8,03	125,48
23	Ancipa	6,01	10,14	217,25
24	Sciaguana	0,85	19,73	315,80
25	Pozzillo	1,19	24,07	246,10
26	Ponte Barca	0,50	28,88	528,72
27	Nicoletti	0,78	2,40	90,87
28	Pergusa	0,50	30,45	503,62
29	Biviere di Lentini	0,18	0,40	10,96
30	Ogliastro	0,78	35,97	271,11
31	Biviere di Cesarò	0,94	1,87	23,01
32	Comunelli	0,87	158,30	2412,22

Tabella 5.3.1 – Carico per unità di lunghezza di costa per i tratti marino-costieri

ID	Nome	Lunghezza (km)	BOD (t/anno km)	N (t/anno km)	P (t/anno km)
1	Capo Rosocolmo - Capo Milazzo	41,67	1,55	0,34	0,07
2	Capo Milazzo - Capo Calavà	50,98	1,39	0,41	0,06
3	Capo Calavà - Capo d'Orlando	18,90	1,69	0,39	0,08
4	Capo d'Orlando - Cafalù	81,88	0,49	0,27	0,03
5	Cafalù - Capo Zafferano	81,48	0,43	0,43	0,04
6	Capo Zafferano - Capo Gallo	57,15	0,09	0,84	0,24
7	Capo Gallo - Punta Raisi	31,69	1,72	0,33	0,09
8	Punta Raisi - Capo Rama	14,23	2,54	0,56	0,16
9	Capo Rama - Capo San Vito	66,89	0,67	0,52	0,07
10	Capo San Vito - Punta Ligny	47,01	1,01	0,28	0,06
11	Punta Ligny - Capo Lilibeo	45,48	0,60	0,65	0,04
12	Capo Lilibeo - Capo Granitola	68,17	0,61	0,26	0,03
13	Capo Granitola - Capo San Marco	41,10	1,42	1,48	0,12
14	Capo San Marco - Licata	136,41	0,28	0,47	0,03
15	Licata - Capo Scalambri	99,98	0,48	0,94	0,06
16	Capo Scalambri - Punta Religione	39,41	1,57	1,04	0,12
17	Punta Religione - Capo Passero	59,26	0,16	0,27	0,02
18	Capo Passero - Tellaro	23,57	0,30	0,54	0,07
19	Torre Vendicari - Capo Murro di Porco	58,34	0,46	0,60	0,05
20	Capo Murro di Porco - Capo Santa Panagia	34,25	0,82	0,74	0,05
21	Capo Santa Panagia - Capo Santa Croce	69,92	0,50	0,08	0,01
22	Capo Santa Croce - Torre Archirafi	104,00	0,95	0,66	0,05
23	Torre Archirafi - Capo Scaletta	56,73	1,45	0,47	0,08
24	Capo Scaletta - Capo Rosocolmo	51,76	0,73	0,13	0,02

Tabella 5.4.1 – Carico per unità di superficie dei bacini idrogeologici

ID	Bacini idrogeologici	CORPO IDRICO	Superficie (km ²)	N (t/anno km ²)	P (t/anno km ²)*100
1	Monti Peloritani	Alcantara	97,86	1,17	0,39
2	Monti di Palermo	Belmonte-P.Mirabella	188,16	2,70	13,86
3	Monti Peloritani	Brolo	9,69	0,93	1,07
4	Monti Nebrodi	Capizzi-P.Ila Cerasa	38,07	2,54	0,37
5	Monti di Trabia e Termini Imerese	Capo Grosso-Torre Colonna	2,22	1,66	2,65
6	Monti Nebrodi	Caronia	4,98	1,28	0,35
7	Monte Etna	Etna Est	476,95	1,36	0,68
8	Monte Etna	Etna Nord	175,96	1,17	0,37
9	Monte Etna	Etna Ovest	590,62	2,17	1,50
10	Monti Peloritani	Floresta	11,24	0,69	1,17
11	Monti Peloritani	Gioiosa Marea	1,94	0,89	1,38
12	Monti Iblei	Lentinese	376,09	2,67	0,76
13	Monti Sicani	Mentì-Capo S. Marco	85,58	3,18	1,05
14	Monti Peloritani	Messina-Capo Peloro	61,01	0,61	0,73
15	Monti Peloritani	Mirto Tortorici	79,61	1,55	0,94
16	Monti di Trapani	Monte Bonifato	5,64	3,27	2,36
17	Monti di Palermo	Monte Castellaccio	22,79	2,00	19,19
18	Monti di Palermo	Monte Cuccio-Gibilmesi	39,17	1,49	4,48
19	Monti Madonie	Monte dei Cervi	56,37	3,02	1,31
20	Monti di Trapani	Monte Erice	18,18	3,33	12,28
21	Monti Sicani	Monte Genuardo	36,51	3,13	0,56
22	Monti di Palermo	Monte Gradara	38,59	2,25	2,08
23	Monti di Palermo	Monte Kumeta	22,01	2,78	0,73
24	Monti Sicani	Monte Magaggiaro	23,71	3,32	1,19
25	Monti di Palermo	Monte Mirto	10,85	2,44	3,75
26	Monti di Palermo	Monte Palmeto	23,79	3,48	29,97
27	Monti di Palermo	Monte Pecoraro	66,21	2,50	21,77
28	Monti Madonie	Monte Quacella	16,91	4,57	3,08
29	Monti di Trapani	Monte Ramallo-Monte Inici	84,50	2,60	2,28
30	Monti di Trabia-Termini Imerese	Monte Rosamarina-Monte Pileri	16,14	2,03	1,81
31	Monti di Trabia-Termini Imerese	Monte San Onofrio-Monte Rotondo	22,50	2,08	2,34
32	Monti di Palermo	Monte Saraceno	16,29	2,30	7,10
33	Monti Nebrodi	Monte Soro	342,70	1,41	0,61
34	Monti di Trapani	Monte Sparagio-Monte Monaco	123,44	1,77	3,09
35	Monti Sicani	Montevago	32,40	3,11	0,69
36	Monti Peloritani	Naso	3,33	1,15	0,55
37	Monti Peloritani	Peloritani centrali	281,40	1,25	1,10
38	Monti Peloritani	Peloritani meridionali	296,24	1,24	0,58
39	Monti Peloritani	Peloritani nord-occidentali	28,24	1,68	0,36
40	Monti Peloritani	Peloritani nord-orientali	135,67	1,20	1,08
41	Monti Peloritani	Peloritani occidentali	125,41	1,66	0,94
42	Monti Peloritani	Peloritani orientali	632,02	0,89	0,68
43	Monti Peloritani	Peloritani sud-orientali	35,45	0,82	0,34
44	Monti Iblei	Piana di Augusta -Priolo	70,59	1,99	1,91
45	Monti Peloritani	Piana di Barcellona-Milazzo	131,22	1,36	0,89
46	Piana Castelvetro-Campobello di Mazara	Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara	226,98	2,52	1,35
47	Piana di Catania	Piana di Catania	490,73	3,77	0,56
48	Piana di Marsala-Mazara del Vallo	Piana di Marsala-Mazara del Vallo	286,28	3,42	18,26
49	Monti Iblei	Piana di Vittoria	520,63	3,03	0,67
50	Piazza Armerina	Piazza Armerina	477,25	3,45	0,72
51	Monti Madonie	Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo	47,92	5,96	5,24
52	Monti Madonie	Pizzo Catarineci	14,98	4,71	2,29
53	Monti di Trabia-Termini Imerese	Pizzo Chiarastella	0,94	3,07	0,61
54	Monti di Trabia-Termini Imerese	Pizzo di Cane-Monte San Calogero	46,47	2,88	1,69
55	Monti Nebrodi	Pizzo Michele-Monte Castelli	445,32	1,61	0,22
56	Monti di Palermo	Pizzo Vuturo-Monte Pellegrino	30,70	2,00	19,03
57	Monti Iblei	Ragusano	409,64	8,30	3,31
58	Monti Nebrodi	Reitano-Monte Castellaci	80,66	1,38	0,36
59	Rocca Busambra	Roccabusambra	30,45	3,61	0,67
60	Monti Peloritani	Roccalumera	15,37	0,77	0,42
61	Monti Peloritani	S. Agata-Capo d'Orlando	34,88	1,62	0,63
62	Monti Sicani	Saccenze meridionale	90,92	2,86	0,57
63	Monti Nebrodi	Santo Stefano	2,66	0,97	0,31
64	Monti Sicani	Sicani centrali	63,92	2,39	0,55
65	Monti Sicani	Sicani meridionali	79,83	2,46	0,47
66	Monti Sicani	Sicani orientali	125,30	3,60	0,44
67	Monti Sicani	Sicani settentrionali	64,93	3,12	0,51
68	Monti Iblei	Siracusano meridionale	631,86	2,58	0,67
69	Monti Iblei	Siracusano nord-orientale	146,67	2,26	1,63
70	Monti Peloritani	Timeto	9,38	1,27	1,33
71	Monti Nebrodi	Tusa	3,02	1,60	0,16

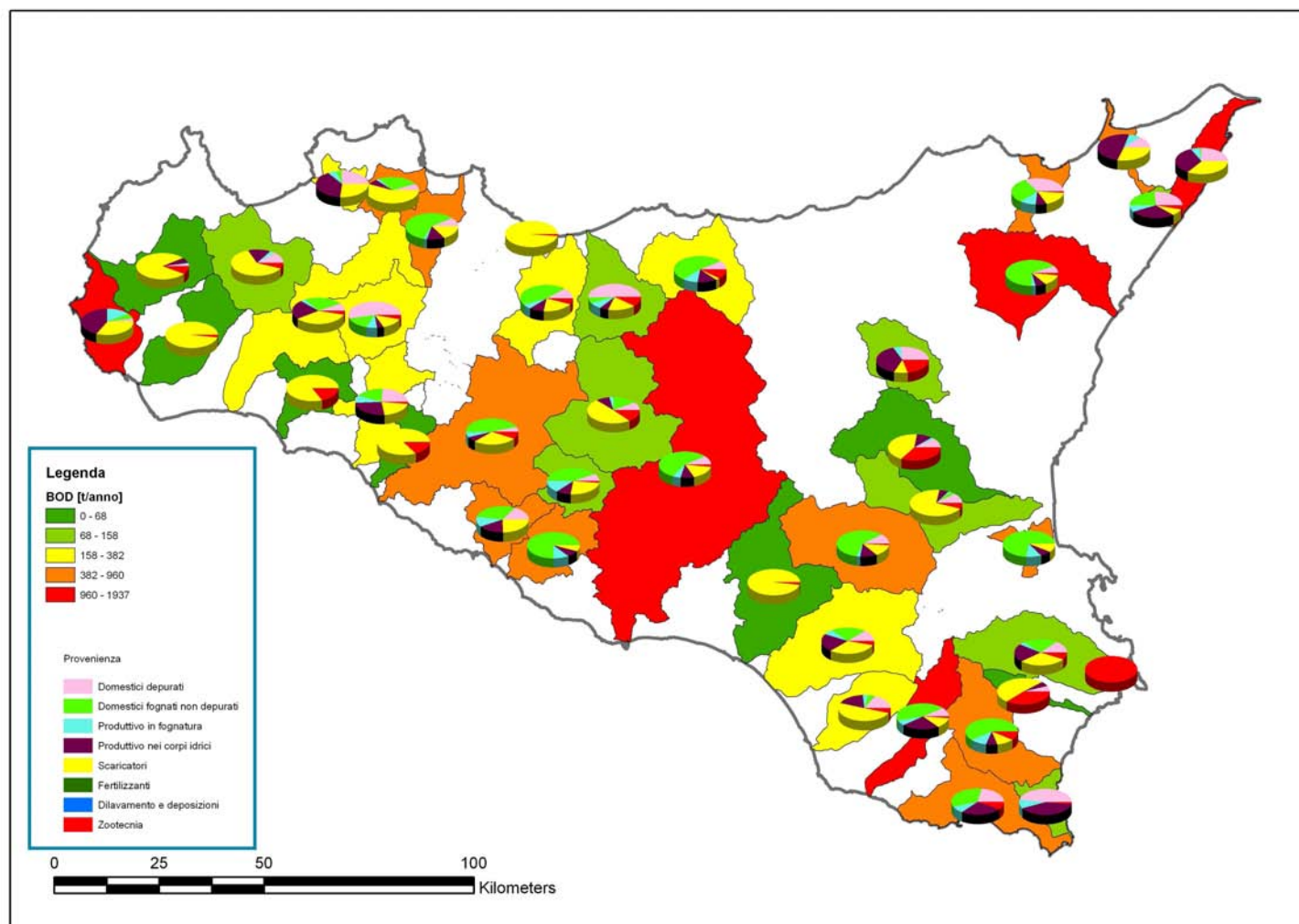


Figura 4.1.1 – Carico annuo di BOD per i corsi d'acqua

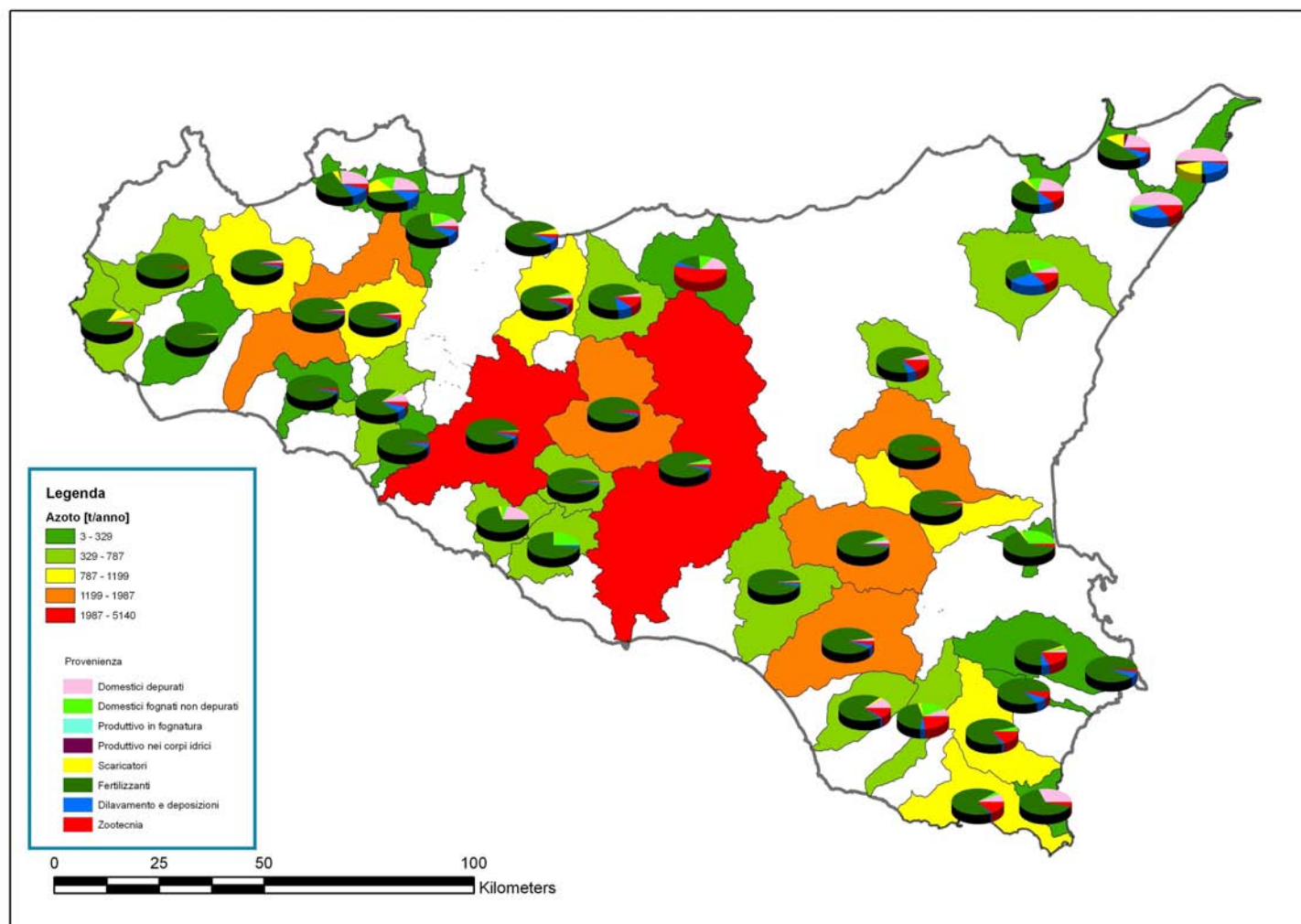


Figura 4.1.2 – Carico annuo di azoto per i corsi d'acqua

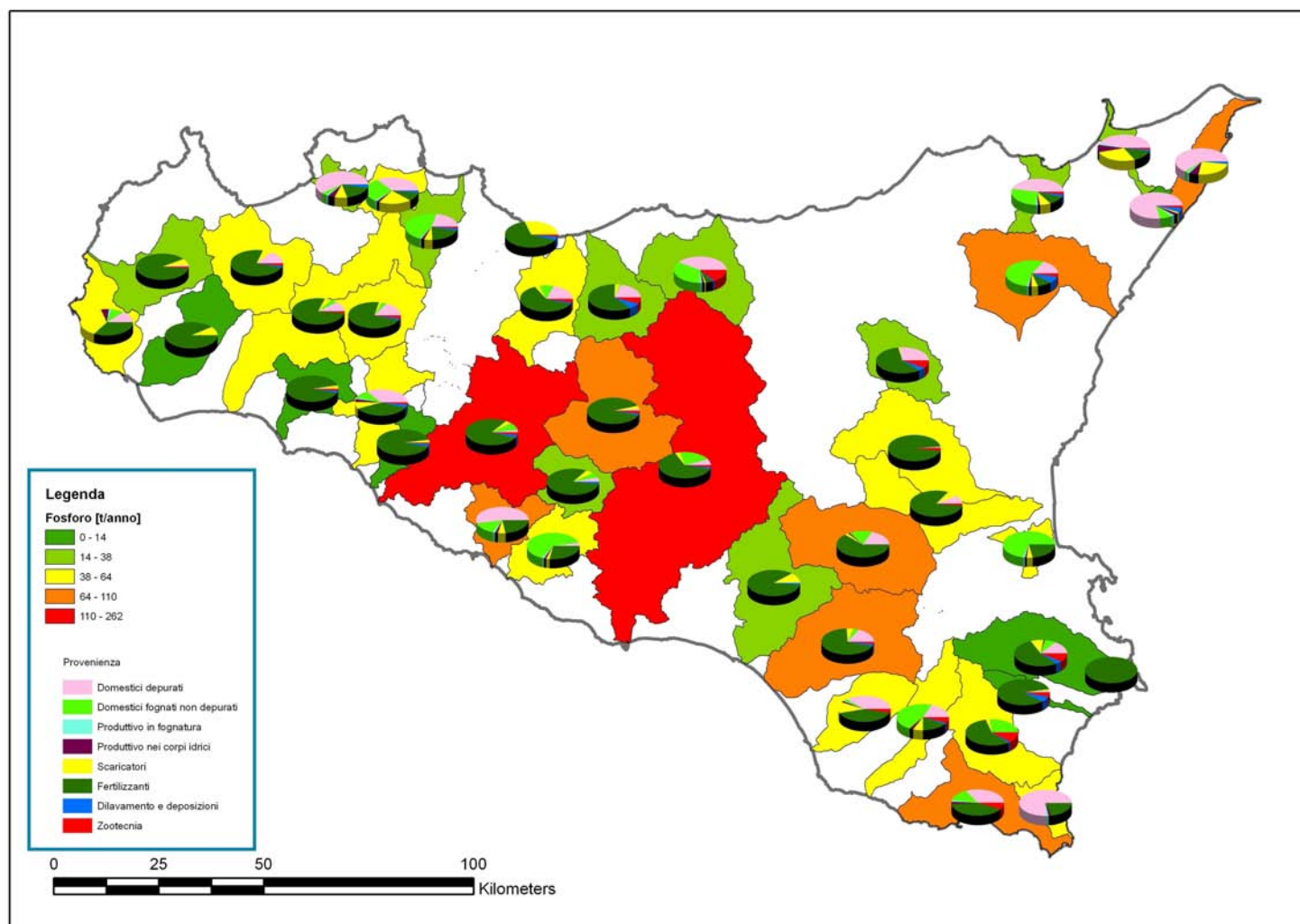


Figura 4.1.3 – Carico annuo di fosforo per i corsi d'acqua

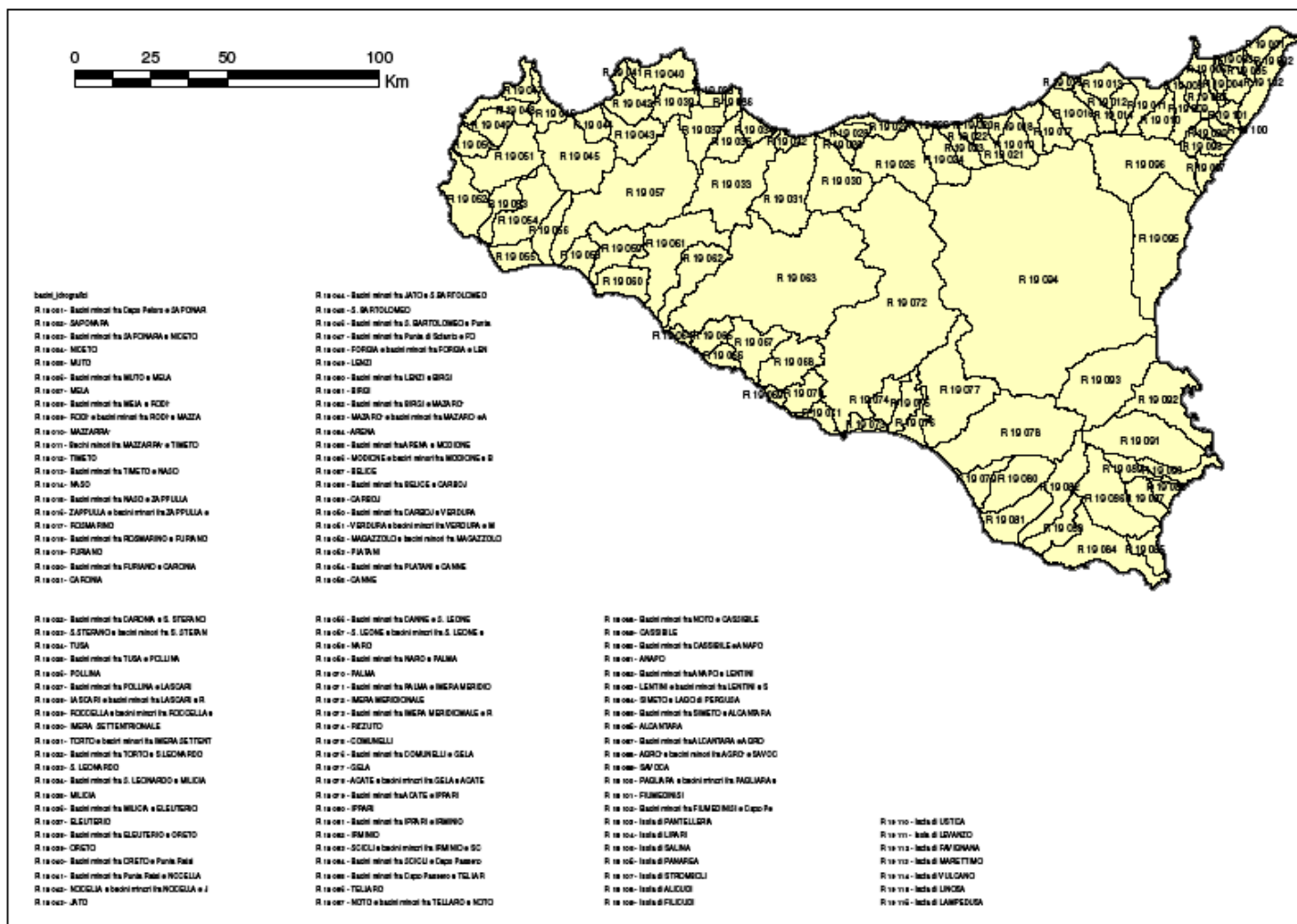


Figura 4.1.4 – Legenda bacini idrografici

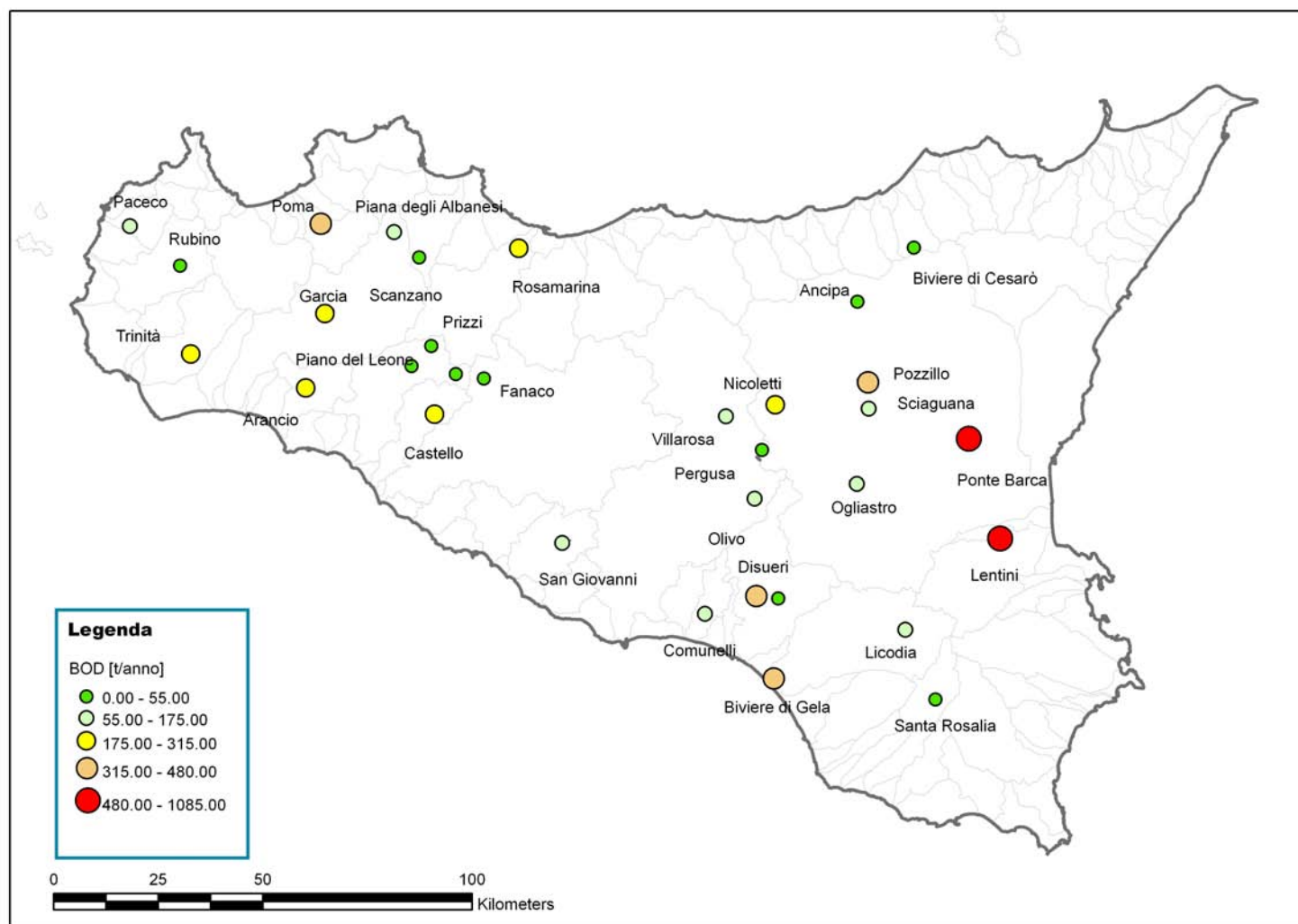


Figura 4.2.1 – Carico annuo di BOD per laghi naturali e artificiali

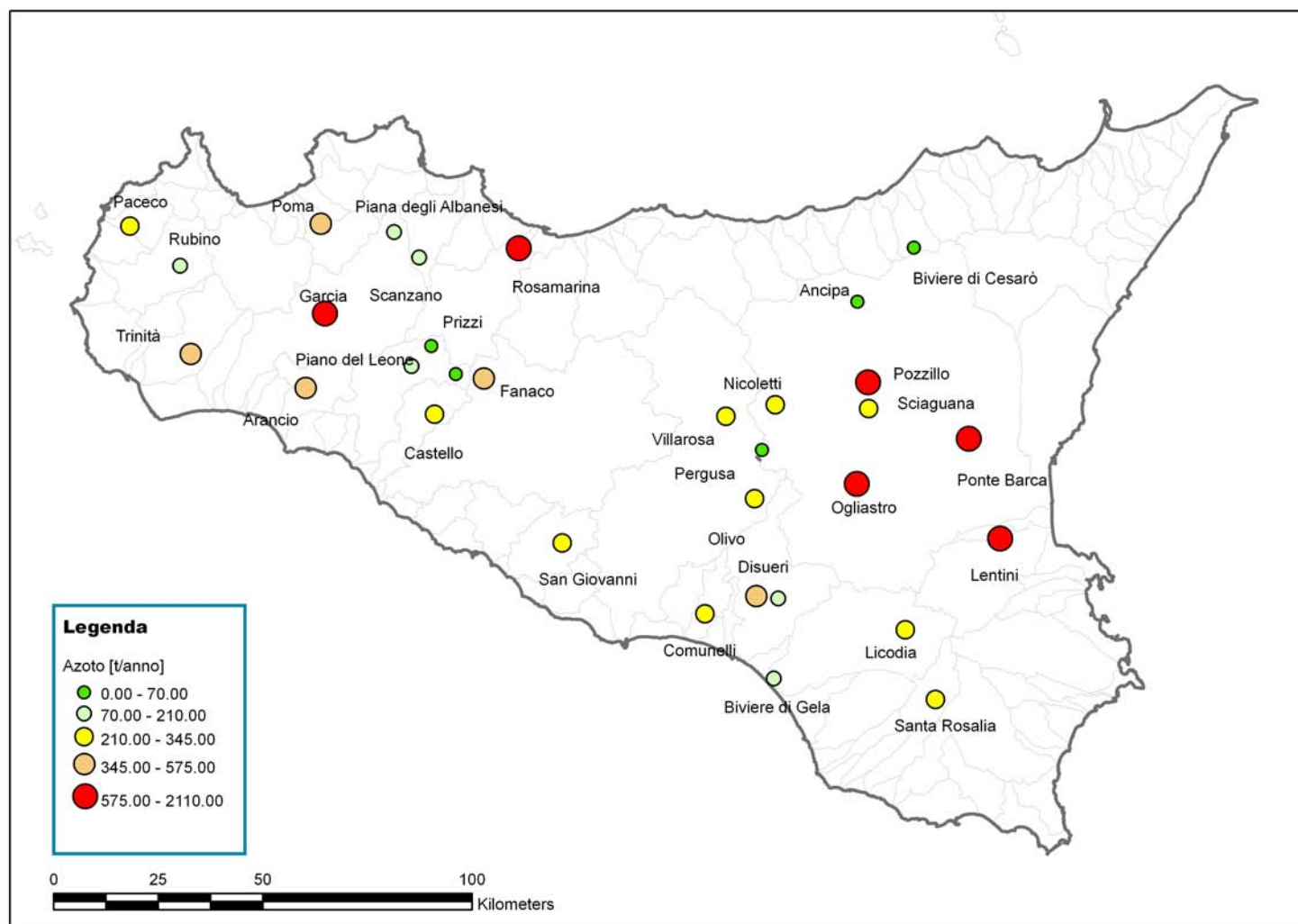


Figura 4.2.2 – Carico annuo di azoto per laghi naturali e artificiali

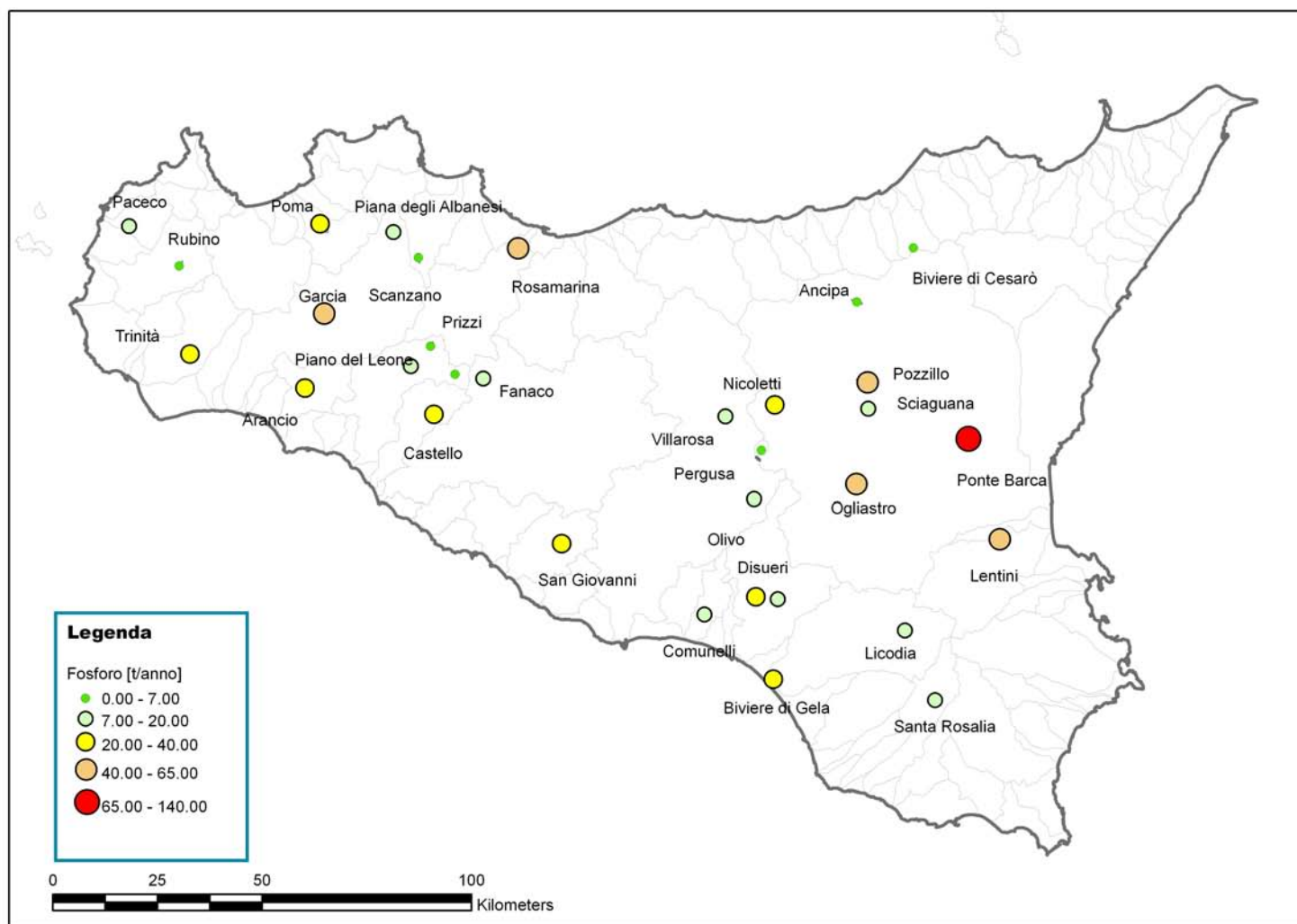


Figura 4.2.3 – Carico annuo di fosforo per laghi naturali e articiali

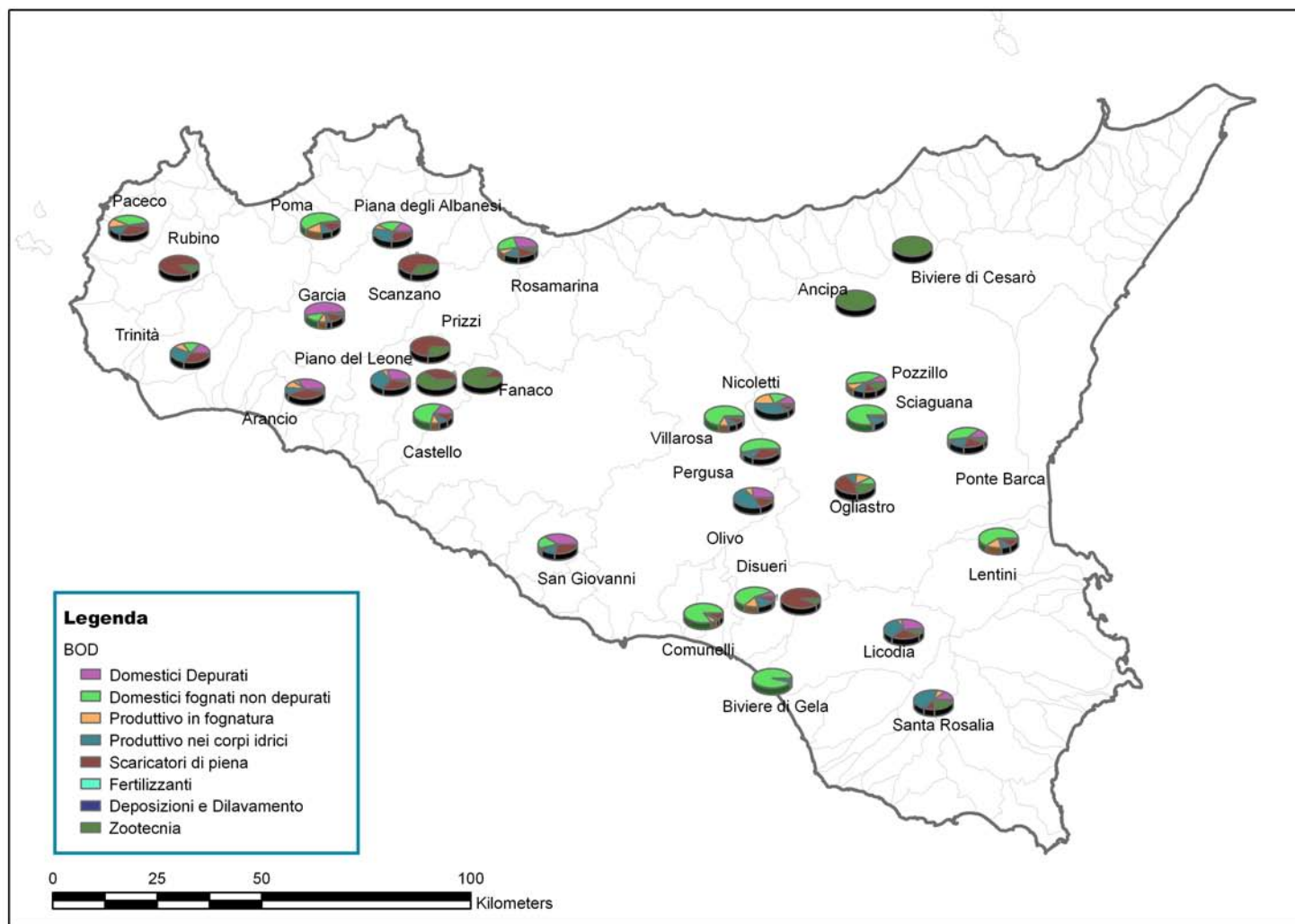


Figura 4.2.4 – Ripartizione carichi di BOD in base alla fonte per laghi naturali e artificiali

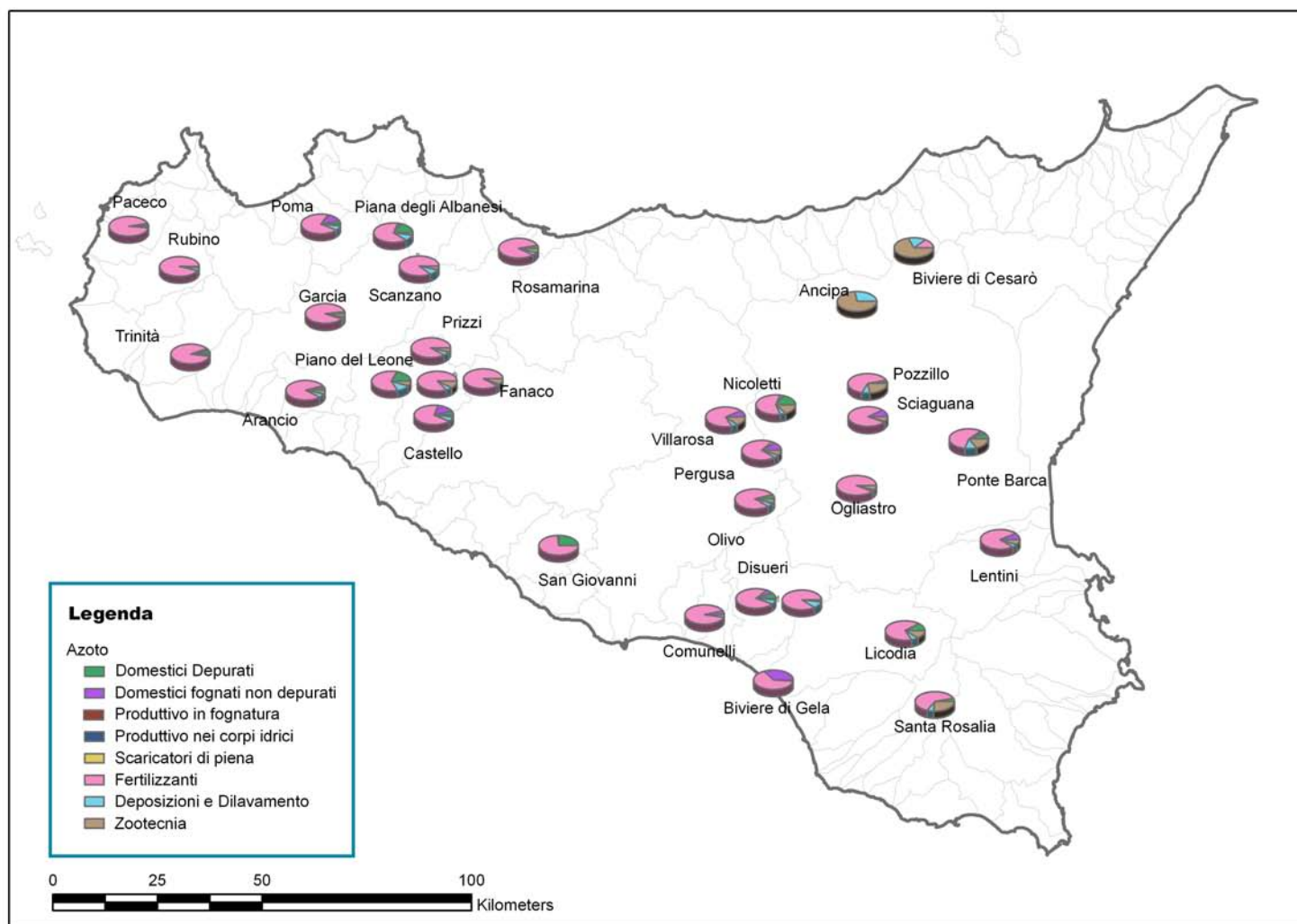


Figura 4.2.5 – Ripartizione carichi di azoto in base alla fonte per laghi naturali e artificiali

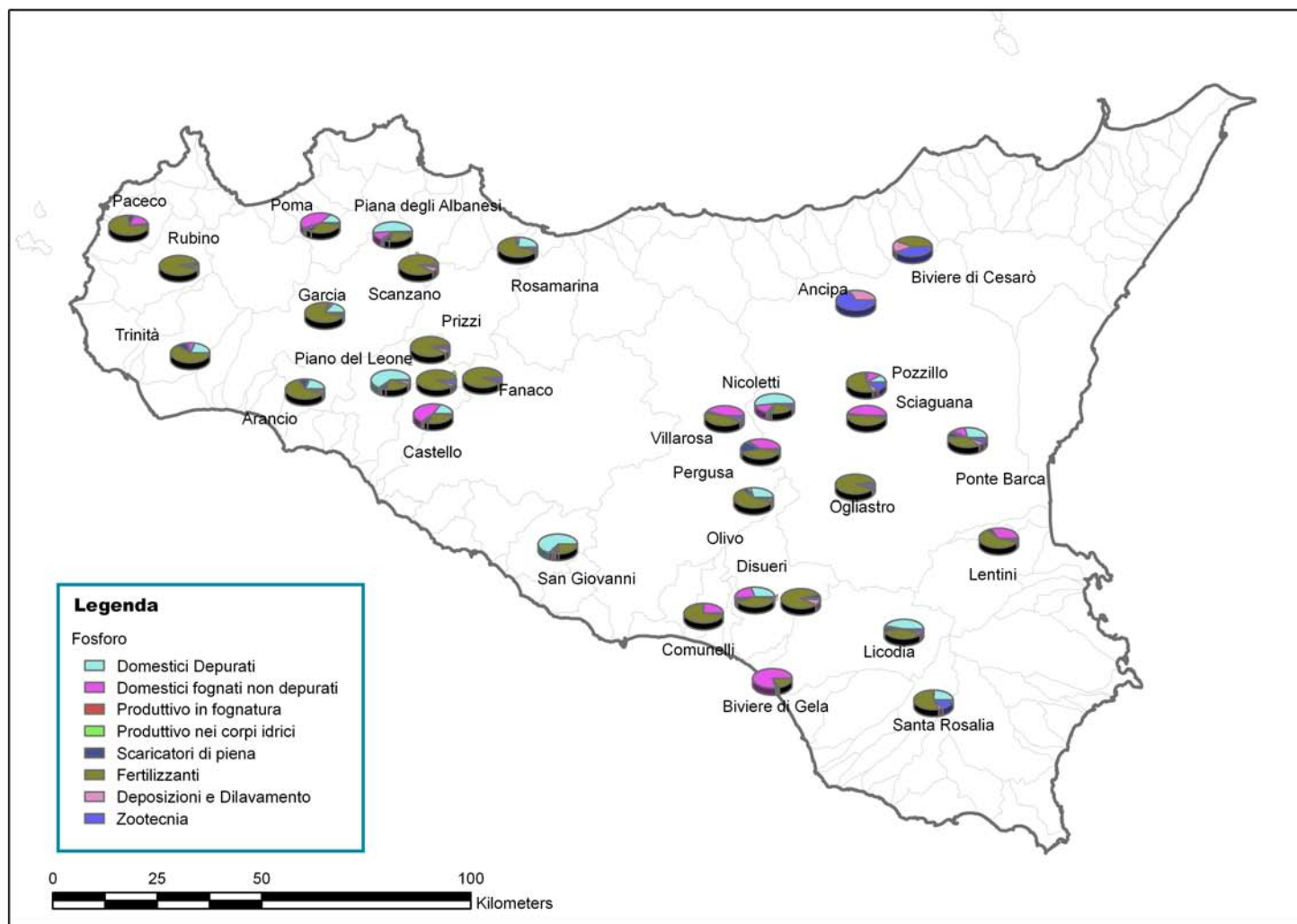


Figura 4.2.6 – Ripartizione carichi di fosforo in base alla fonte per laghi naturali e artificiali

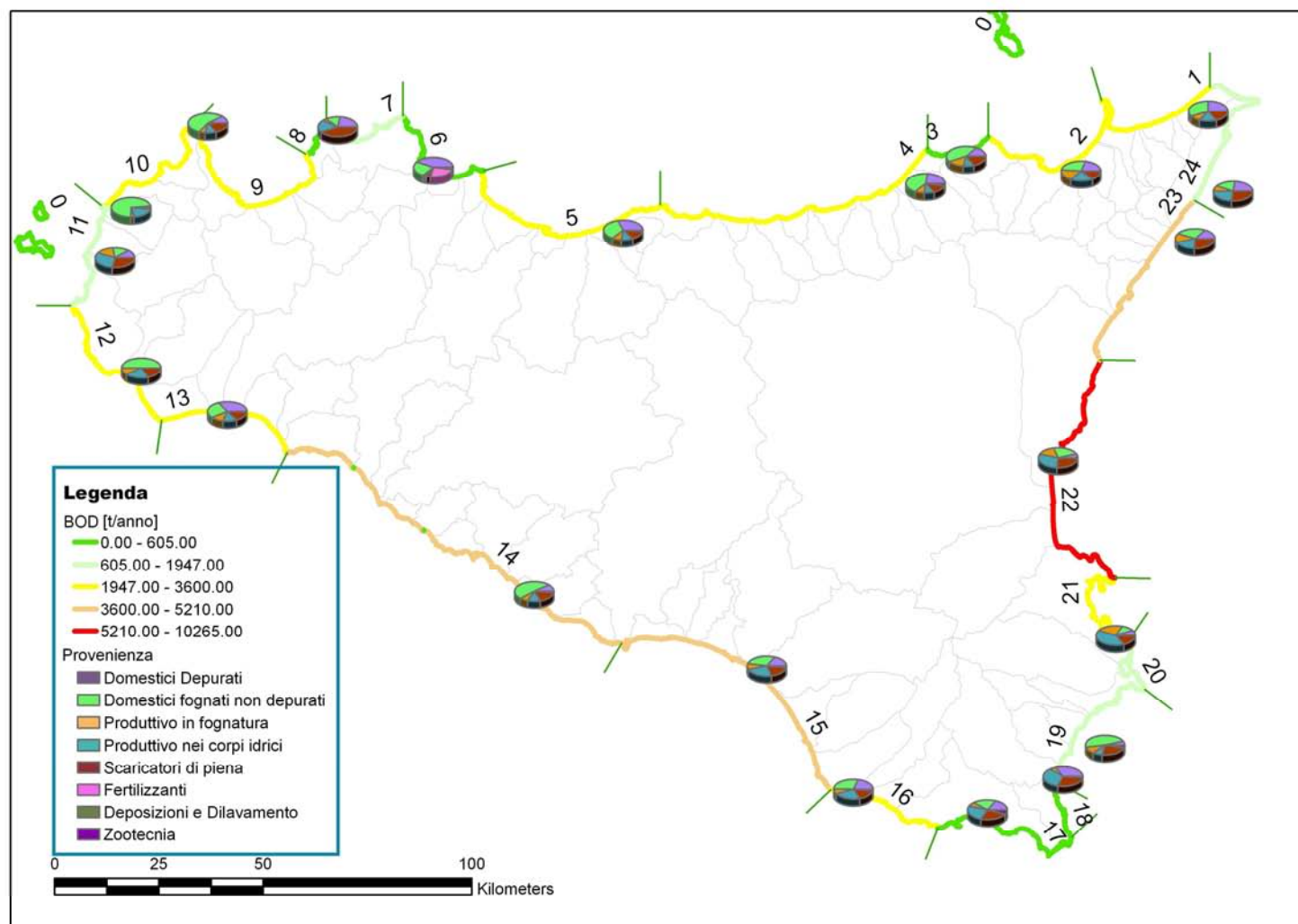


Figura 4.3.1 – Carico annuo di BOD per i tratti marino-costieri

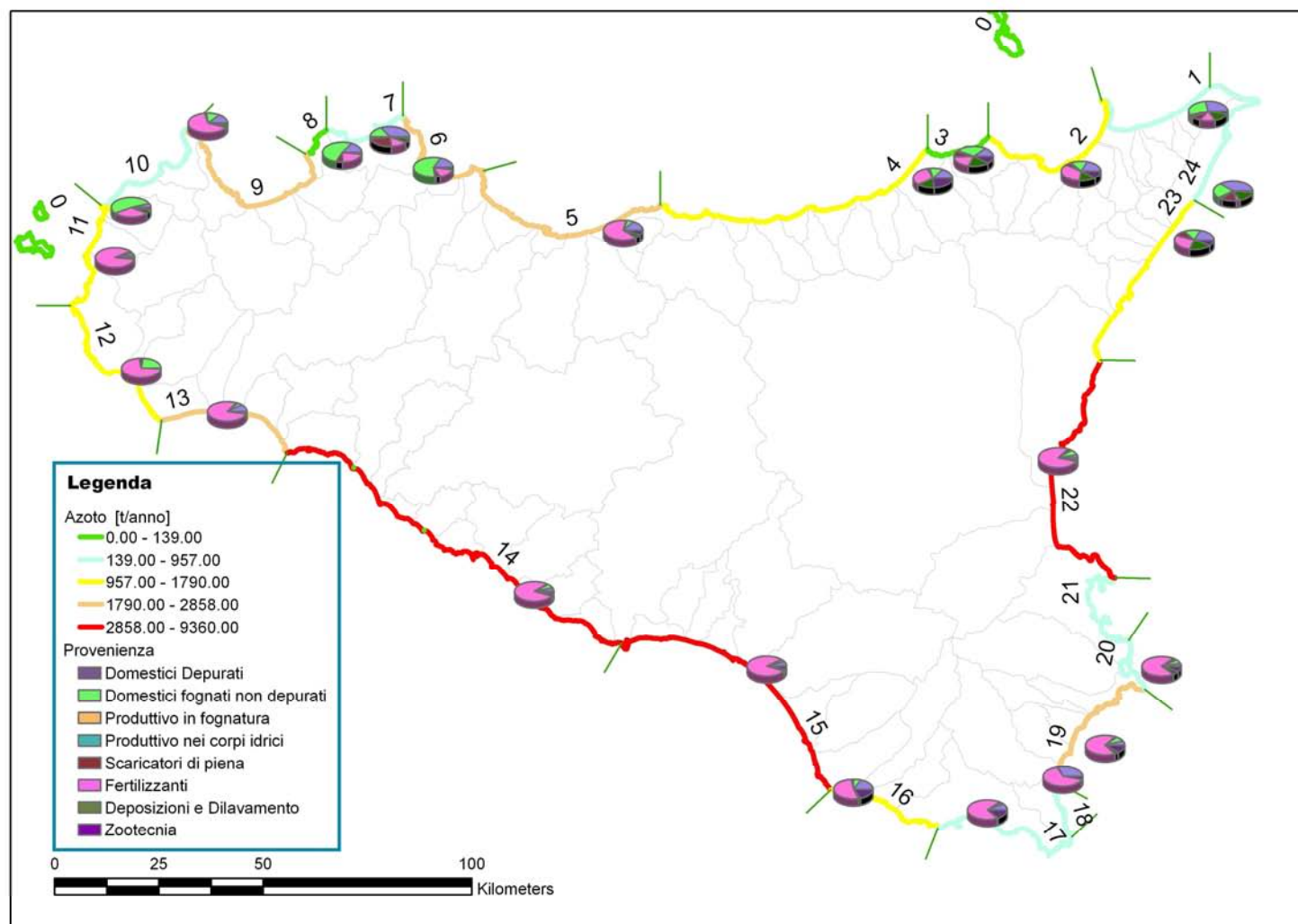


Figura 4.3.2- Carico annuo di azoto per i tratti marino-costieri

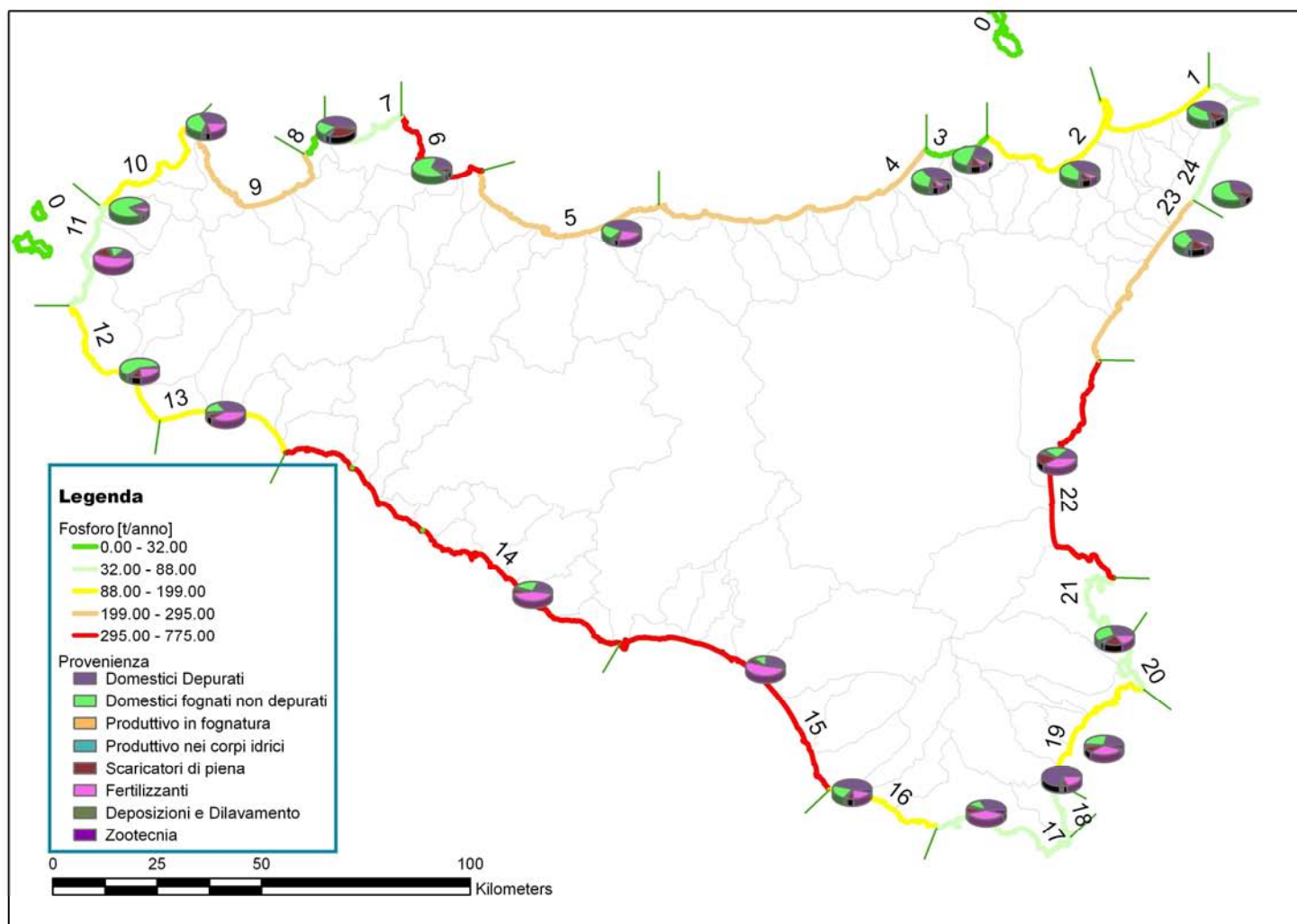


Figura 4.3.3 – Carico annuo di fosforo per i tratti marino-costieri

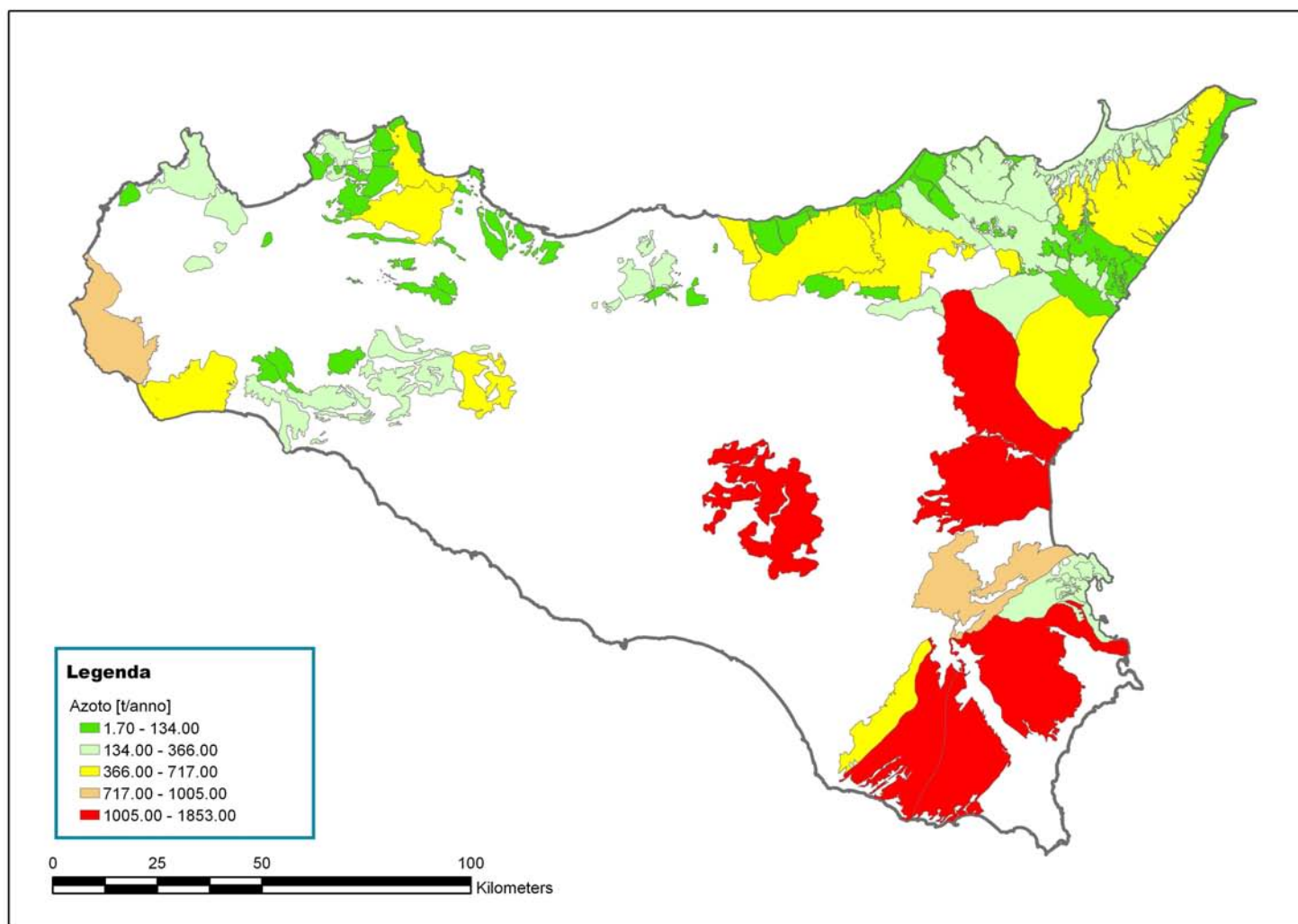


Figura 4.4.1 – Carico annuo di azoto per i bacini idrogeologici

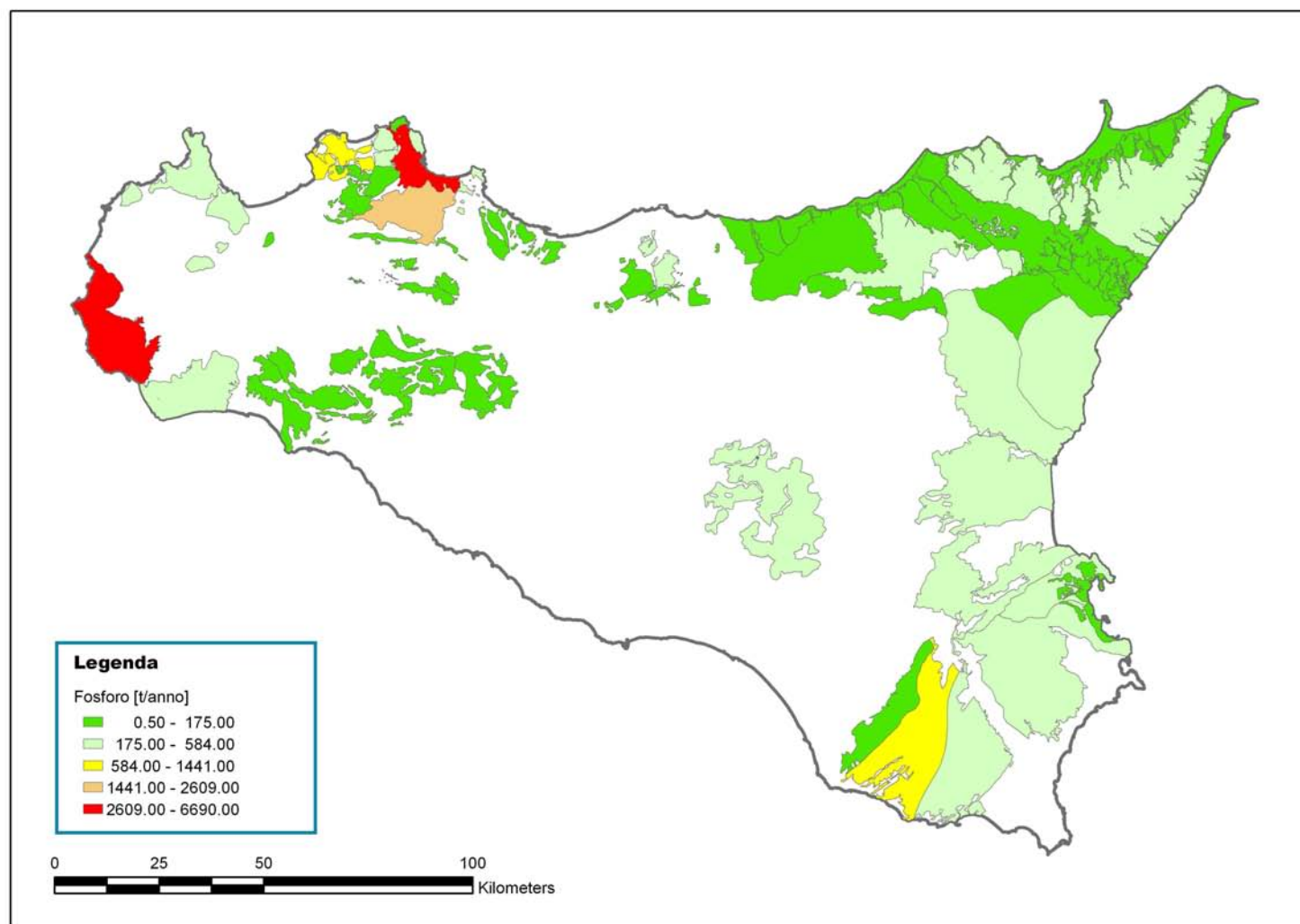


Figura 4.4.2 – Carico annuo di fosforo per i bacini idrogeologici

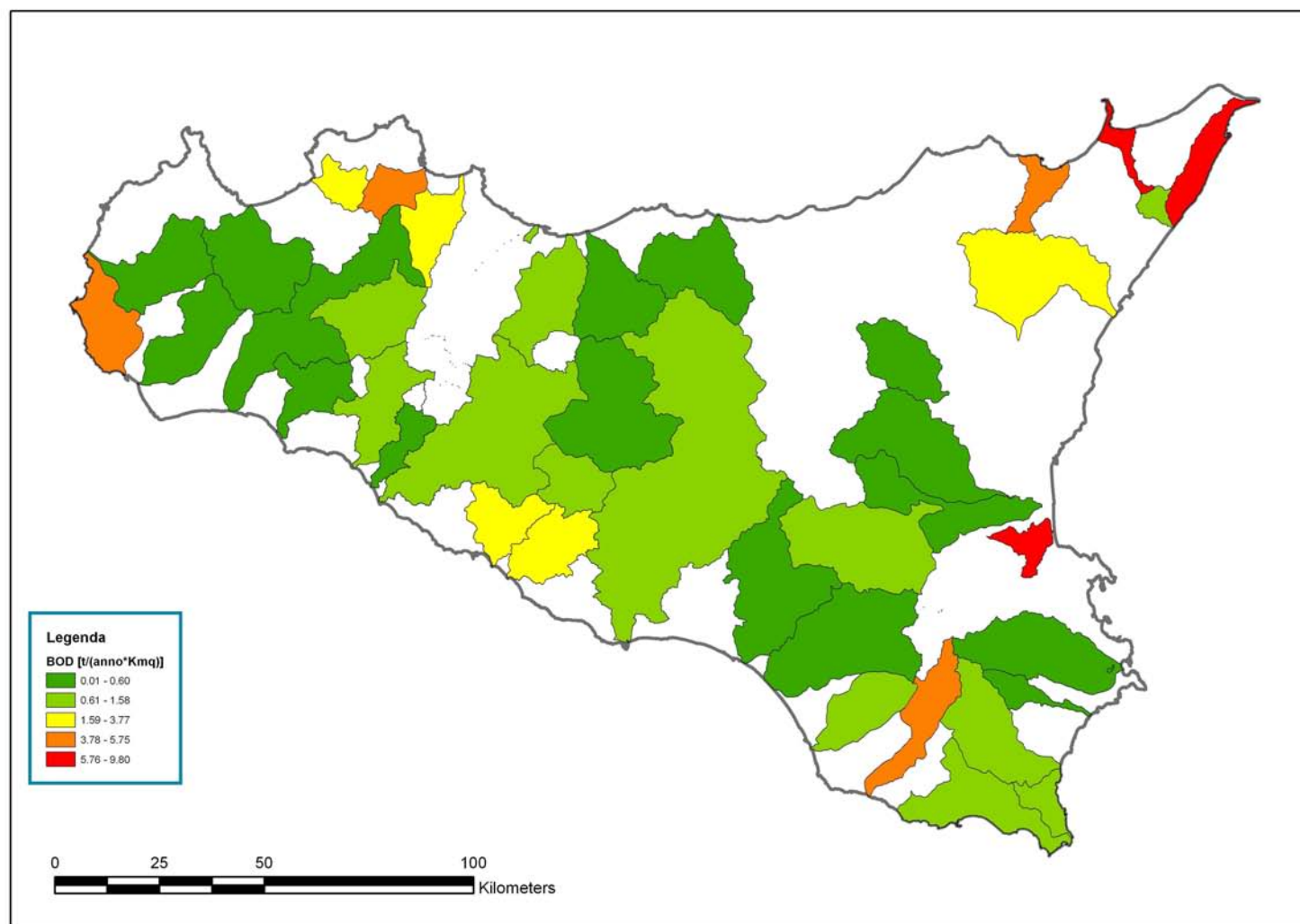


Figura 5.1.1 – Carico superficiale di BOD per i corsi d'acqua

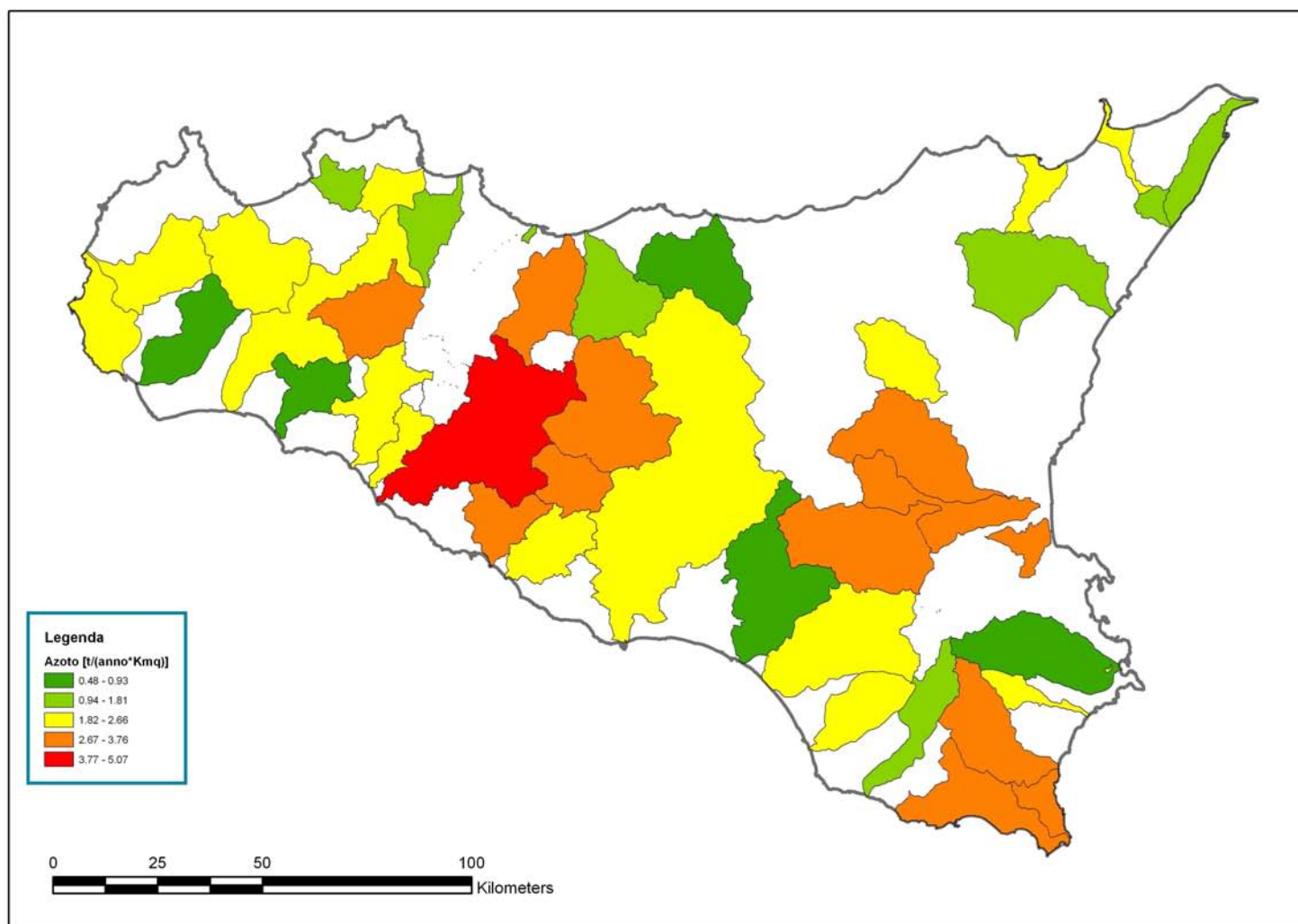


Figura 5.1.2 – Carico superficiale di azoto per i corsi d’acqua

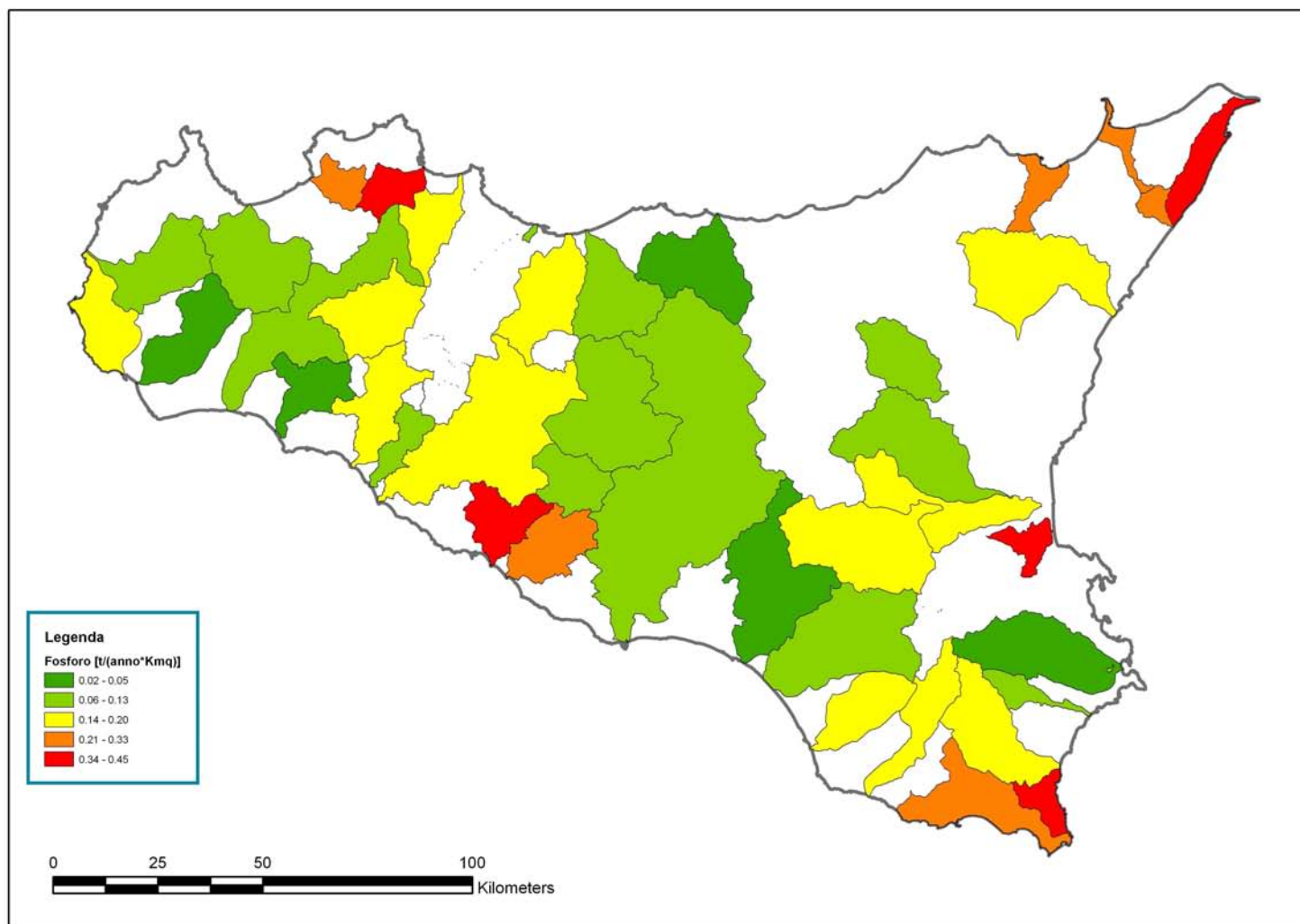


Figura 5.1.3 – Carico superficiale di fosforo per i corsi d’acqua

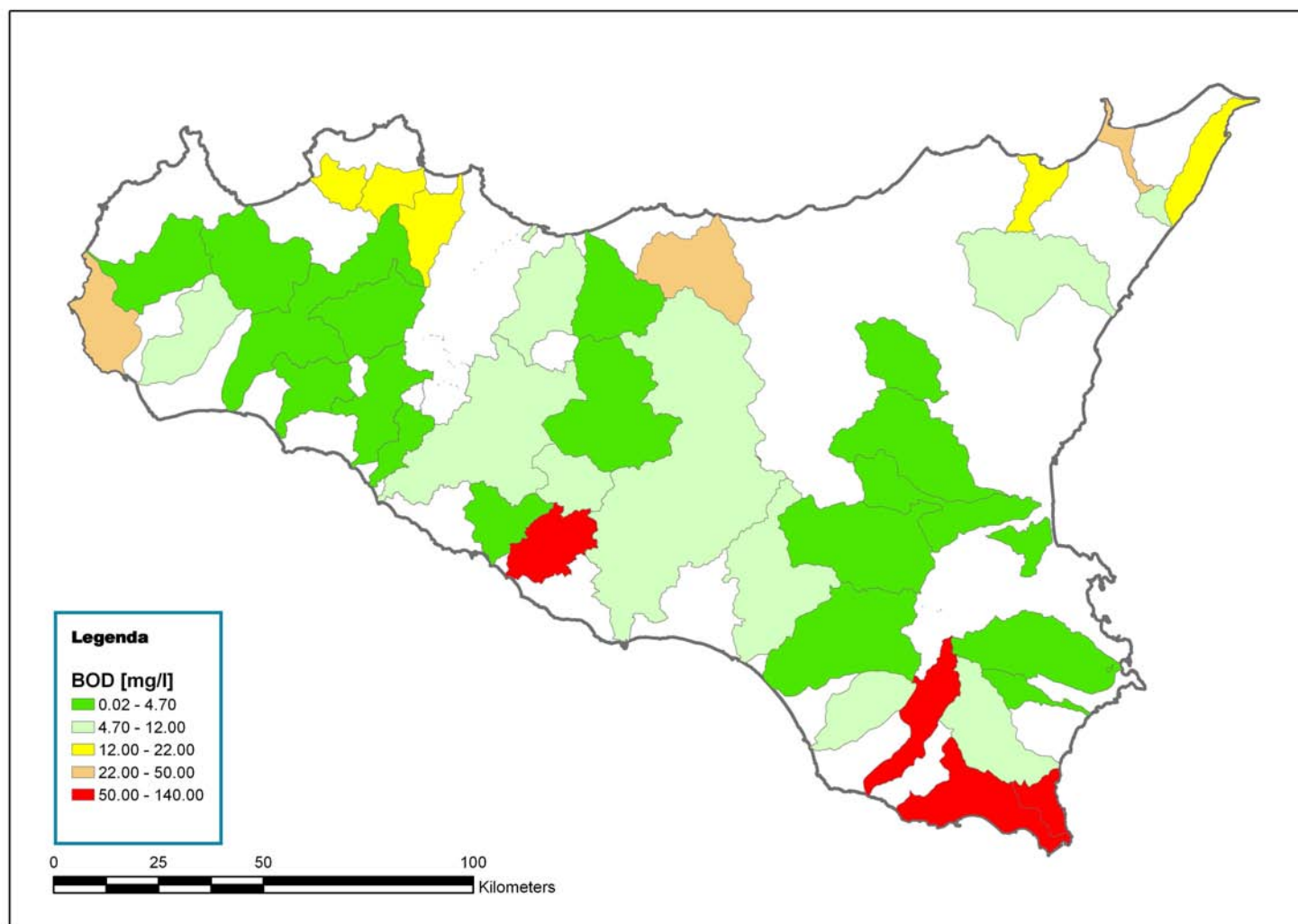


Figura 5.1.4 – Concentrazioni medie di BOD per i corsi d'acqua

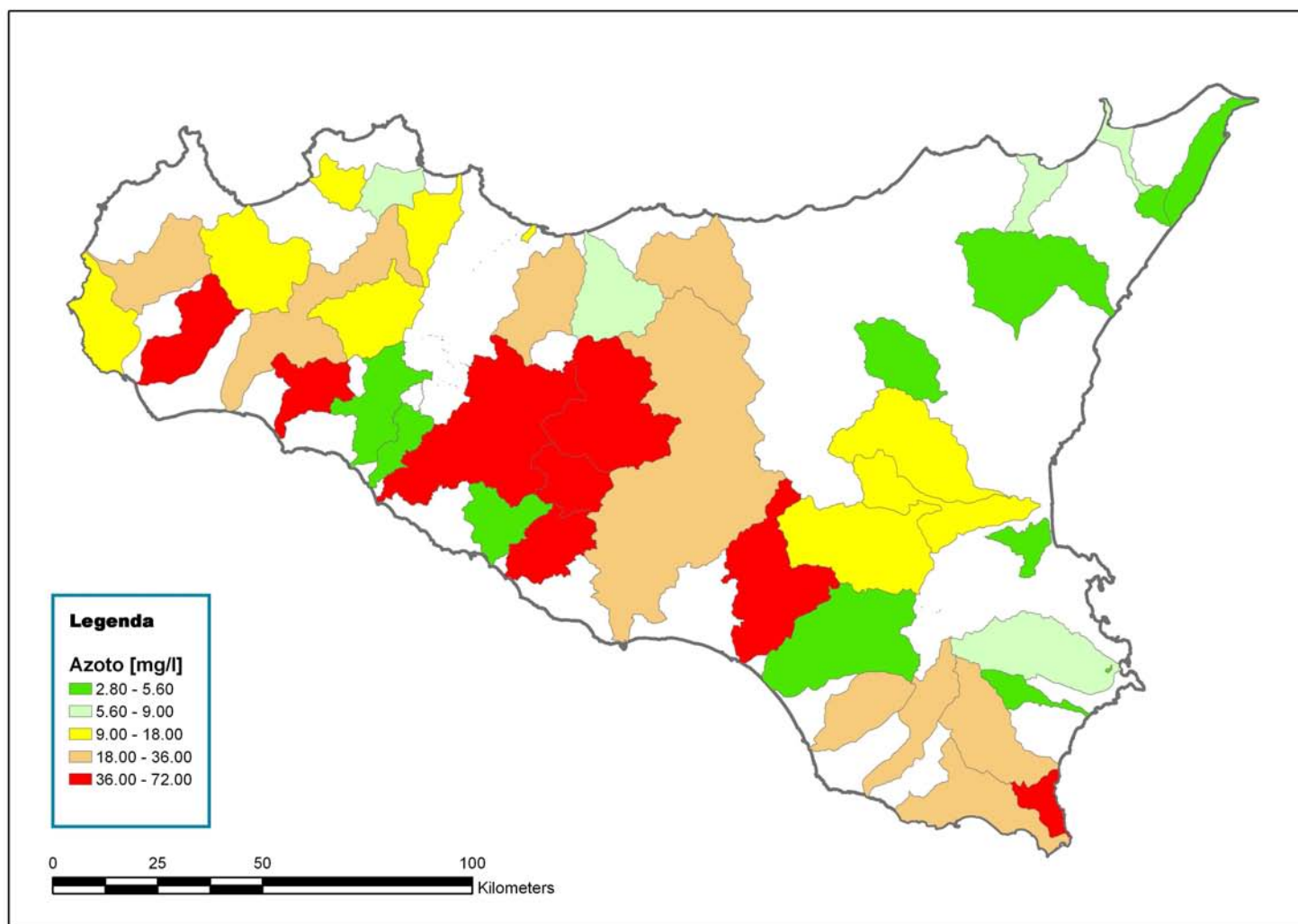


Figura 5.1.5 – Concentrazioni medie di azoto per i corsi d’acqua

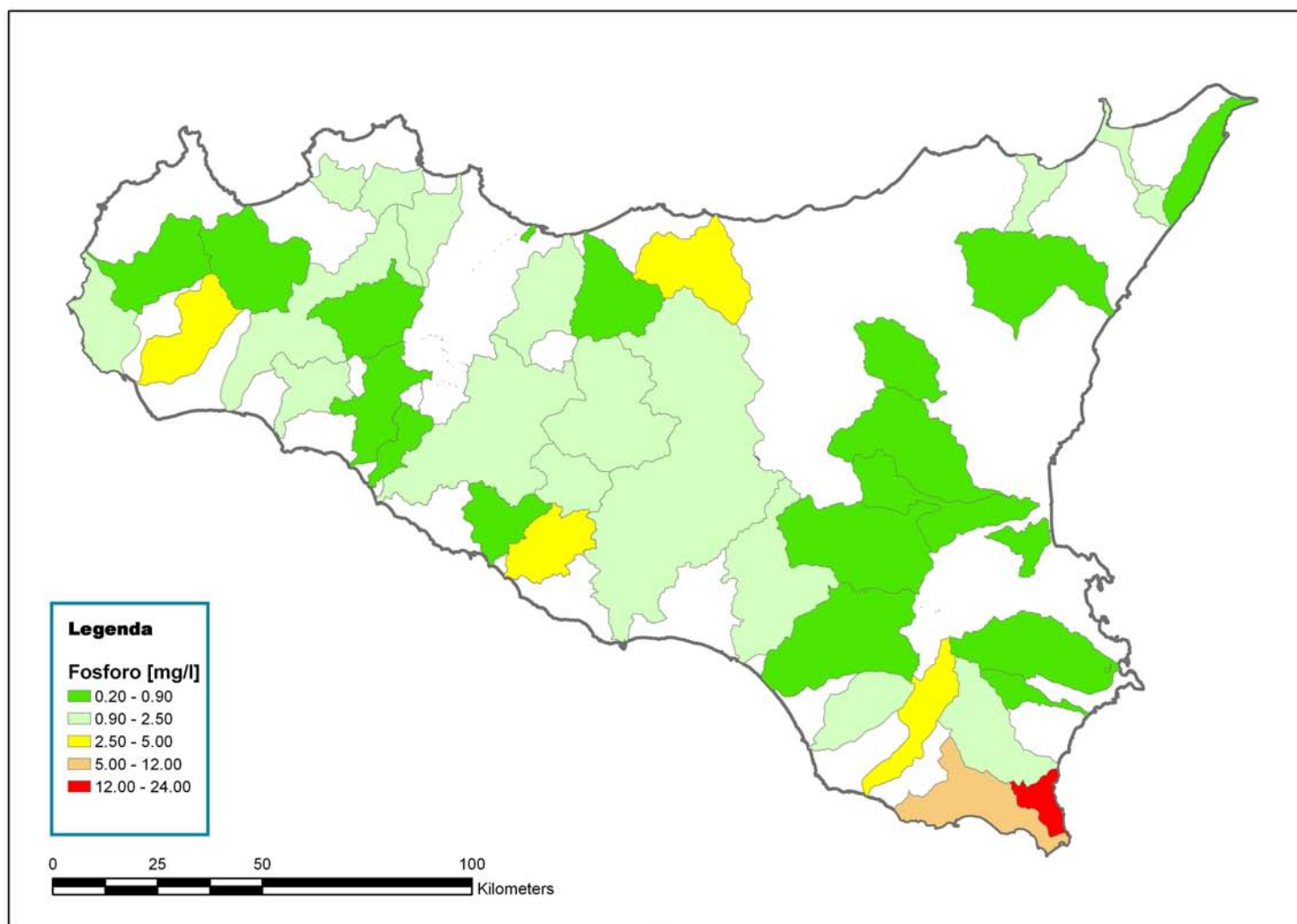


Figura 5.1.6 – Concentrazioni medie di fosforo per i corsi d'acqua

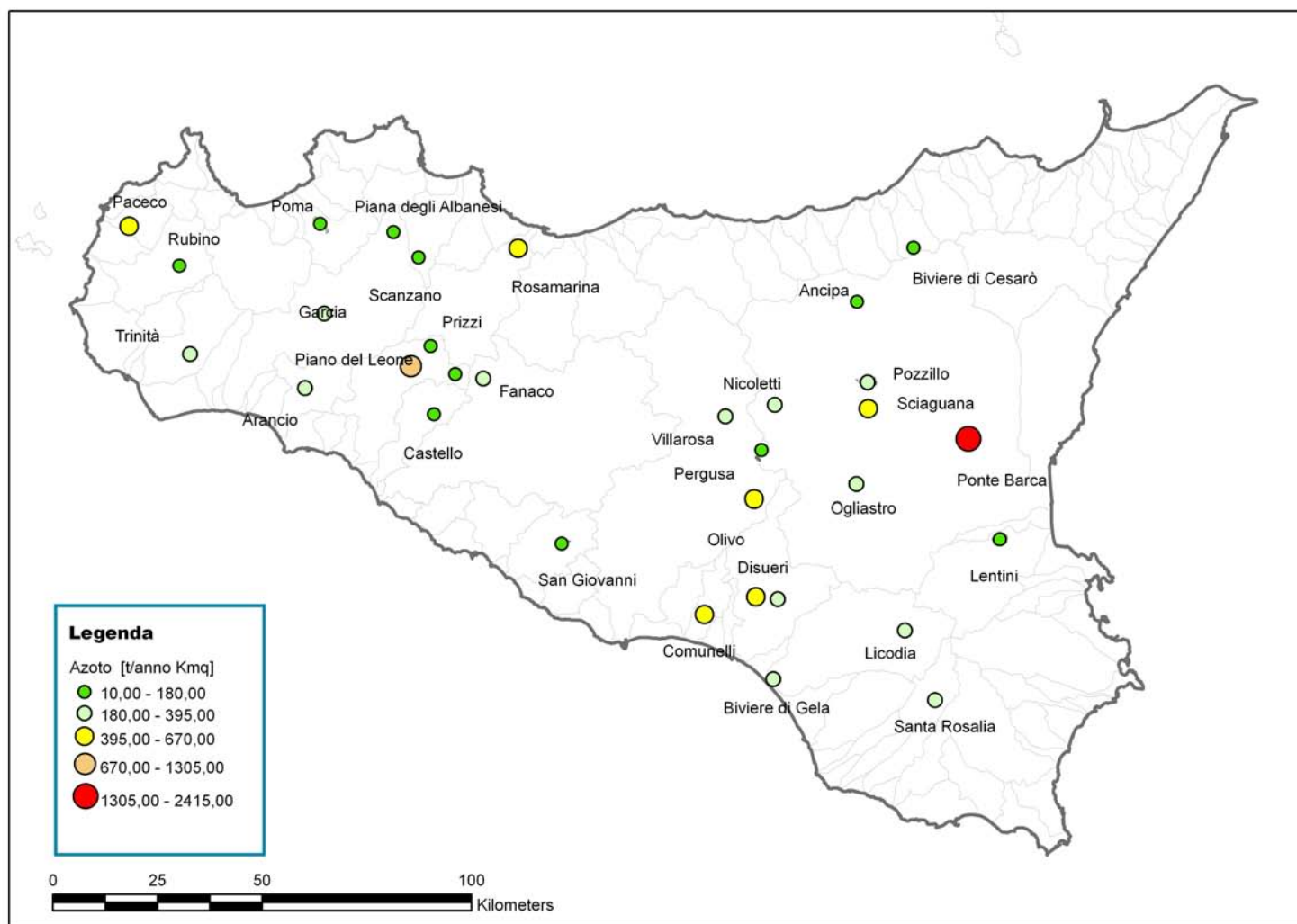


Figura 5.2.1 – Carichi superficiali di azoto per laghi naturali e artificiali

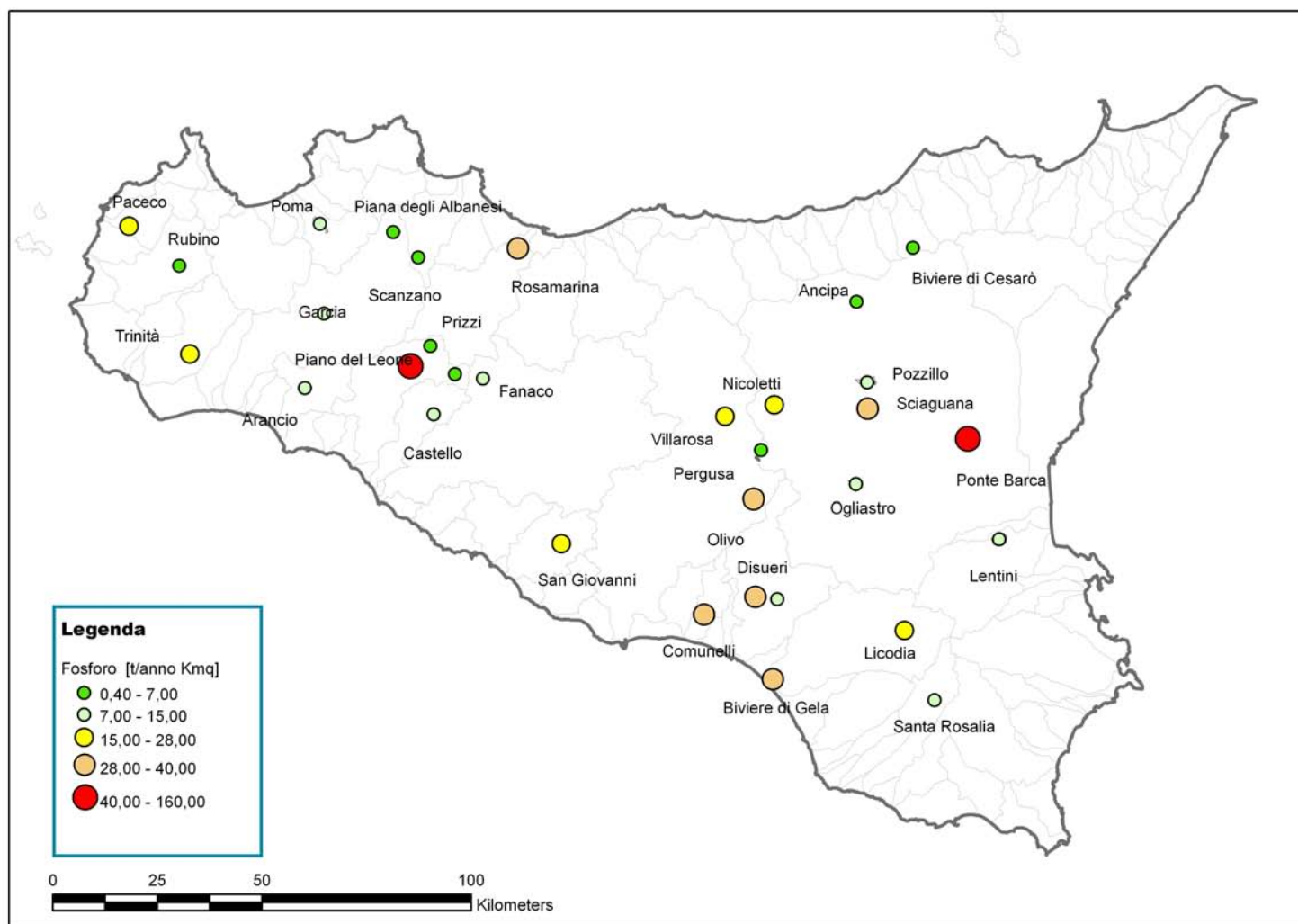


Figura 5.2.2 – Carichi superficiali di fosforo per laghi naturali e artificiali

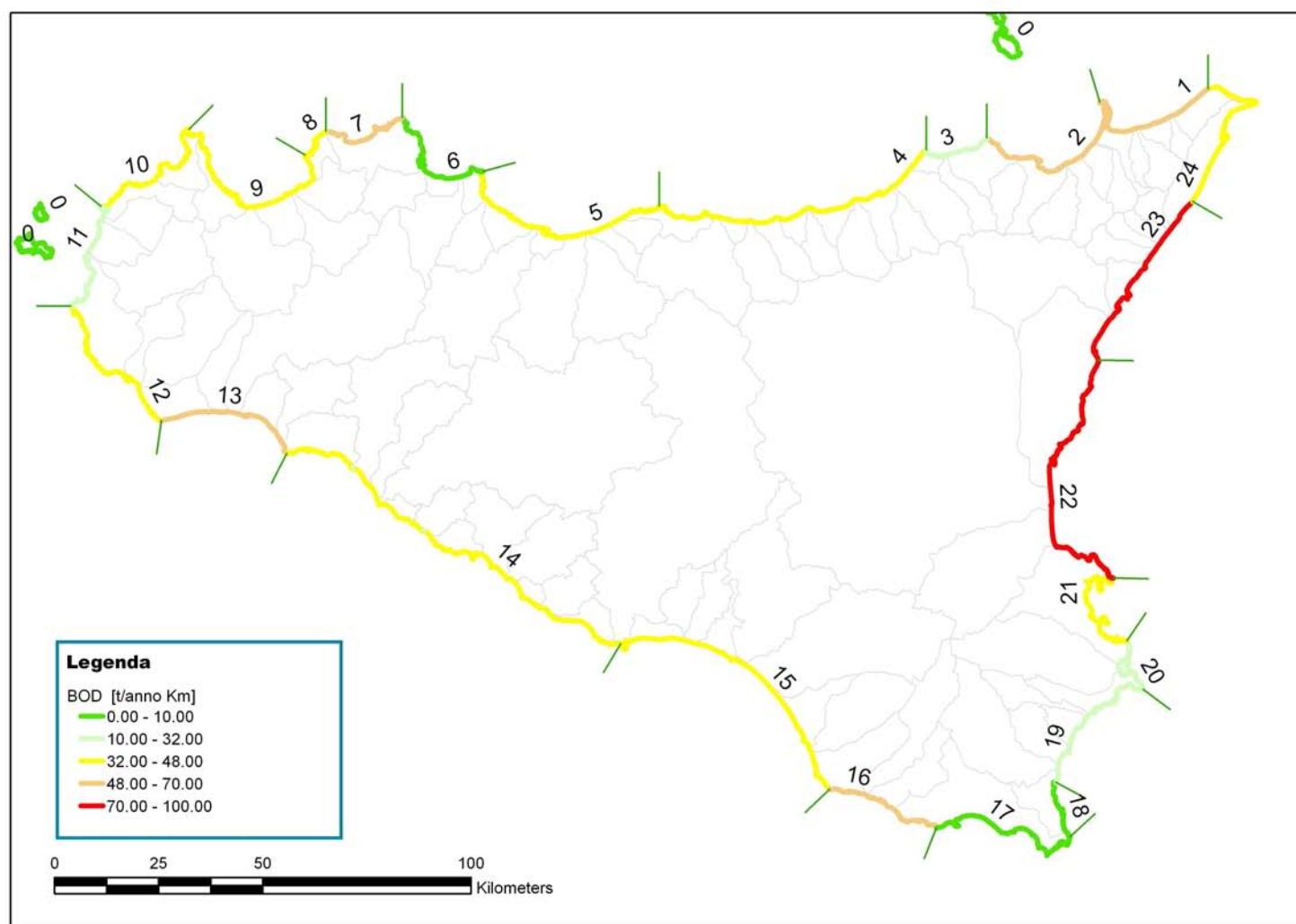


Figura 5.3.1 – Carichi per unità di lunghezza di costa di BOD per i tratti marino-costieri

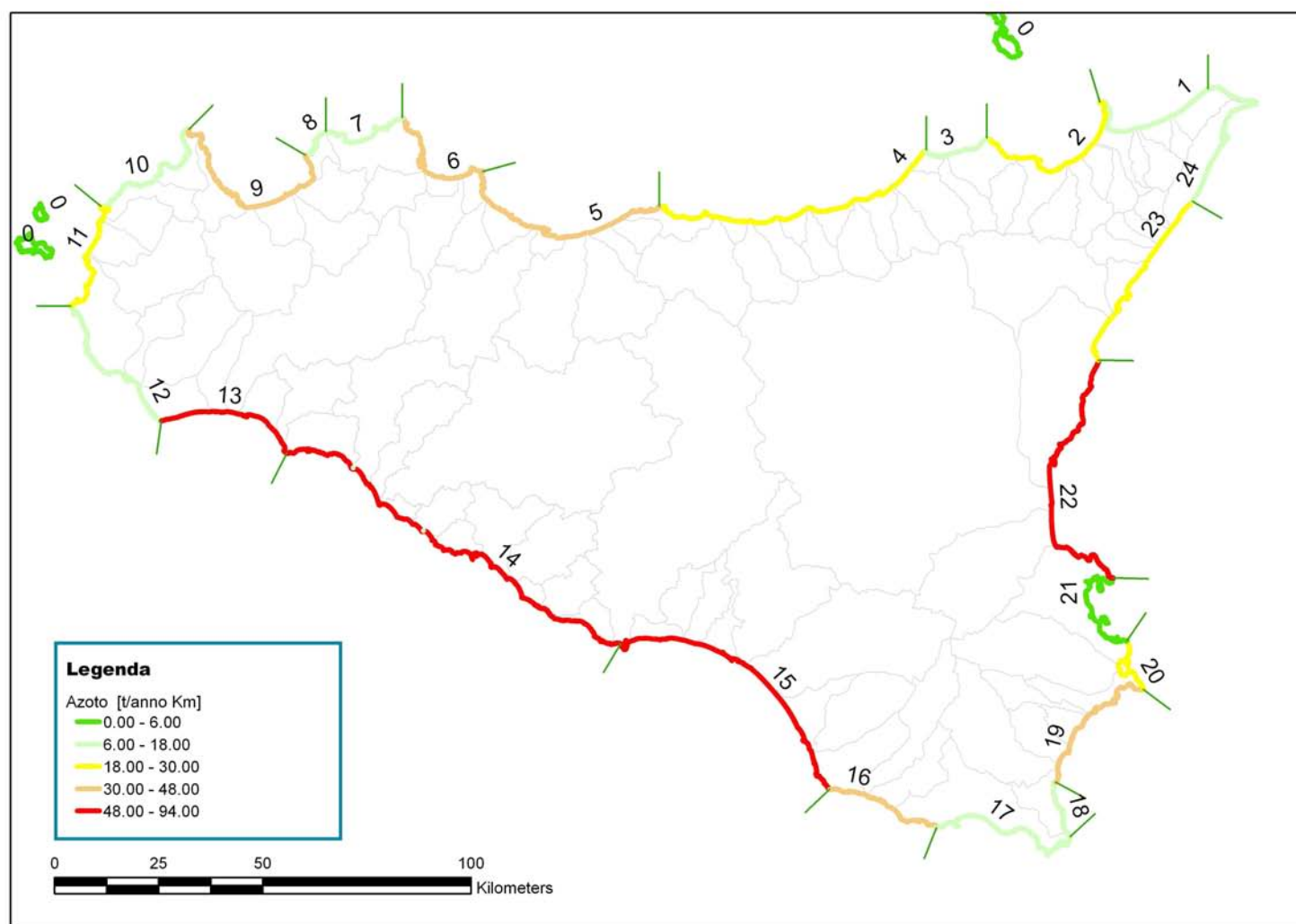


Figura 5.3.2 – Carichi per unità di lunghezza di costa di azoto per i tratti marino-costieri

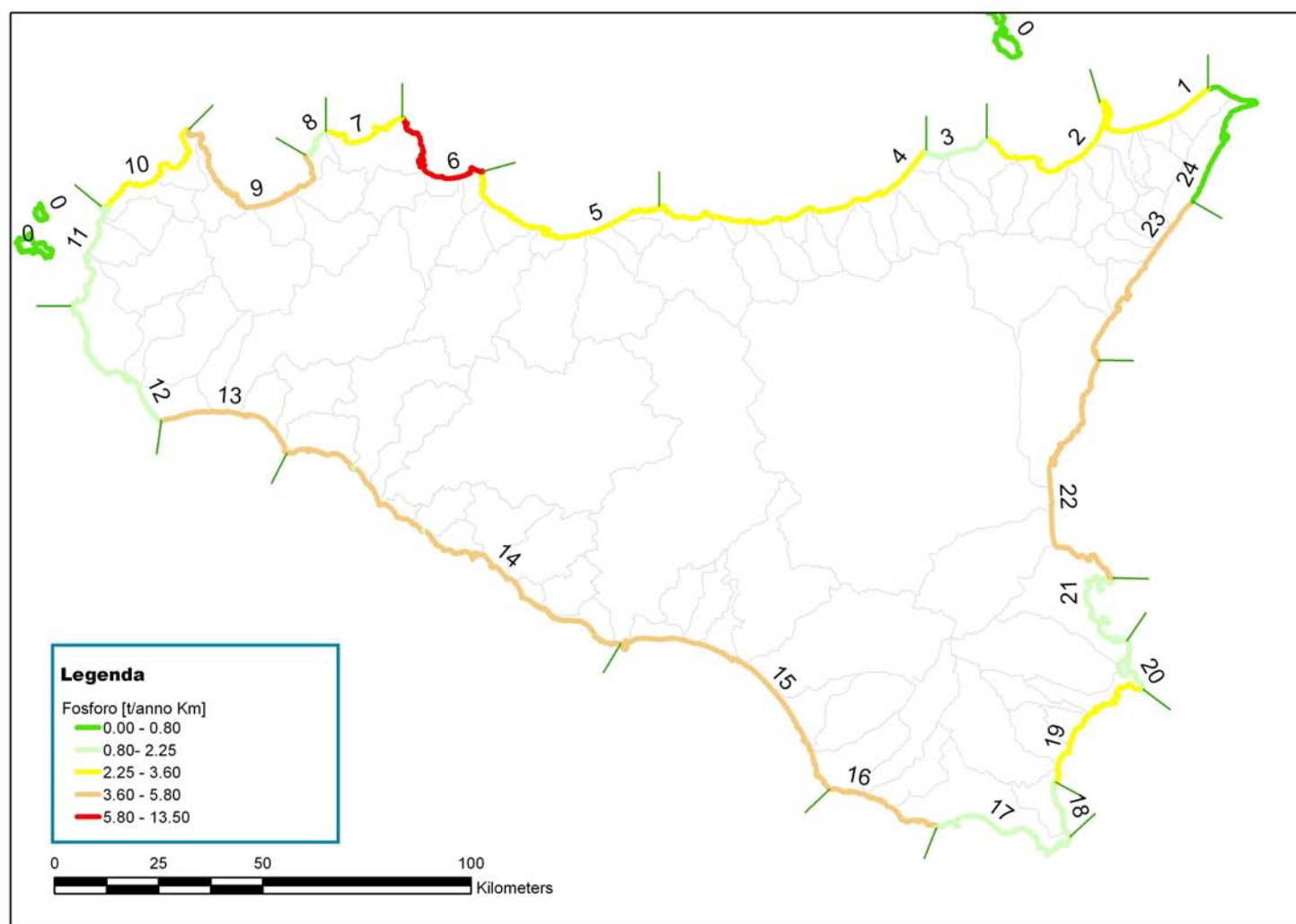


Figura 5.3.3 – Carichi per unità di lunghezza di costa di fosforo per i tratti marino-costieri

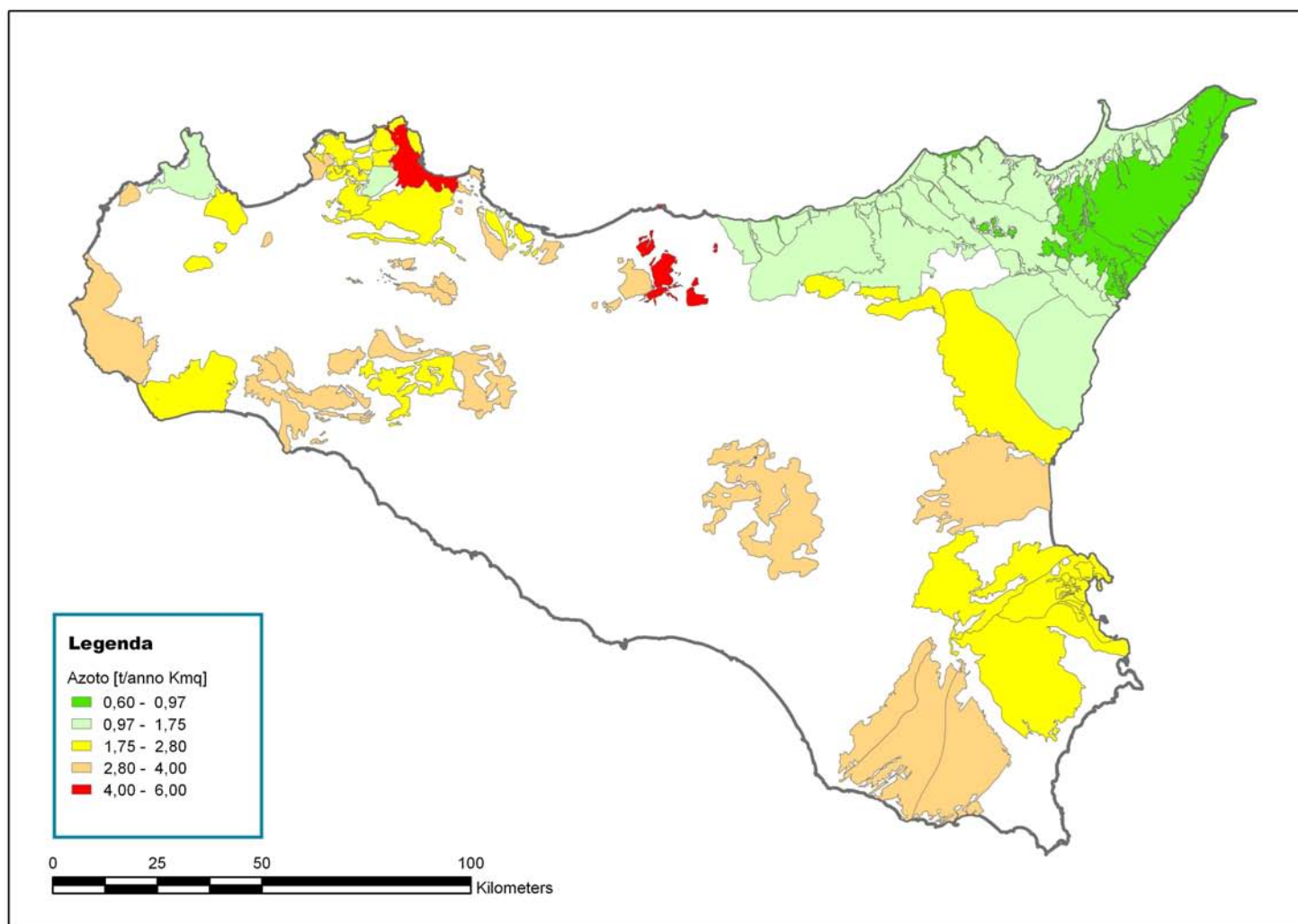


Figura 5.4.1 – Carichi superficiali di azoto per i bacini idrogeologici

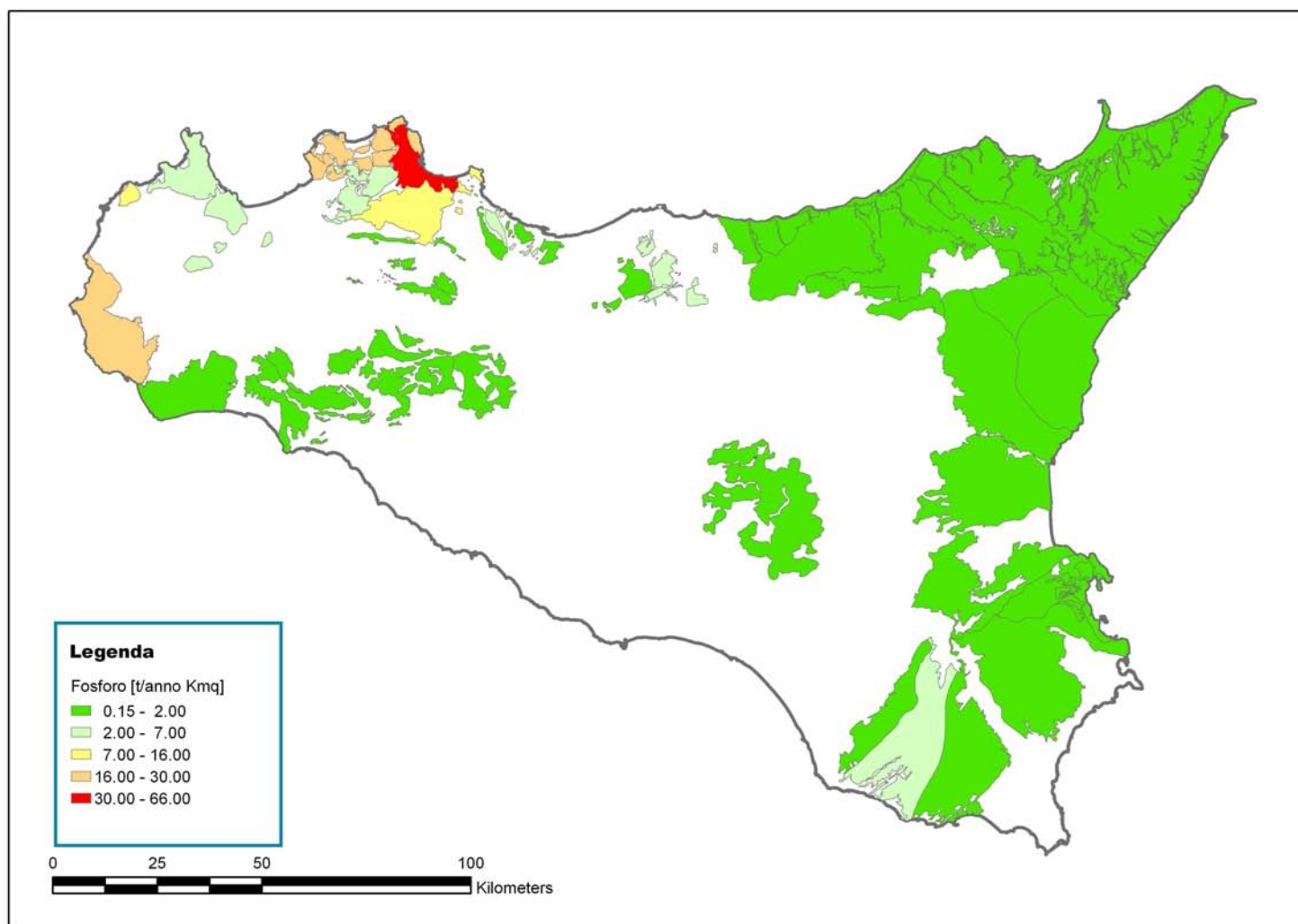


Figura 5.4.2 – Carichi superficiali di fosforo per i bacini idrogeologici

6 Uso di modelli matematici per la valutazione delle strategie d'intervento

I nuovi criteri introdotti per la gestione dei corpi idrici prevedono l'applicazione di limiti sui carichi inquinanti da queste prodotte, individuati in funzione degli effetti cumulati che essi determinano sul corpo idrico ricettore, piuttosto che in maniera da questi avulsa, così come era invece previsto dal precedente approccio normativo.

L'applicazione di tale criterio richiede la disponibilità di procedure e strumenti per riprodurre e valutare il rapporto causa-effetto tra le attività che producono scarichi, gli impatti da esse prodotti sui corpi idrici ricettori e lo stato di qualità di questi ultimi; tali procedure fanno in genere ricorso a metodi e modelli di tipo matematico; un loro uso previsionale consente così l'individuazione degli interventi di contenimento degli impatti sui corpi ricettori, a partire dagli obiettivi di qualità che si vogliono raggiungere per questi ultimi.

Una corretta applicazione di tali procedure richiede tuttavia la calibrazione e validazione dei modelli matematici, in cui compaiono numerosi parametri caratteristici dei fenomeni simulati. L'uso di valori numerici, per tali parametri, ricavati dalla letteratura scientifica può comportare un elevato rischio di scarsa affidabilità del modello.

Appresso sono descritti alcuni approcci modellistici adottabili per lo studio dei corpi idrici superficiali, con particolare riferimento ai corsi d'acqua. Le applicazioni citate hanno lo scopo di evidenziare la procedura adottabile per la loro implementazione e il tipo di utilizzazione che può essere fatta per il modello stesso, principalmente con riferimento all'uso previsionale mirato alla valutazione preventiva degli effetti dei possibili interventi di risanamento.

Una loro applicazione ai bacini siciliani, in questa fase di redazione del PTA, non risulta possibile, proprio per la limitatezza di dati e misure, specie delle caratteristiche di qualità delle acque, relative a ogni singolo bacino.

6.1 I modelli di qualità fluviale

Numerosi modelli sono disponibili in letteratura per lo studio e la simulazione della qualità dei corpi idrici fluviali, per cui una loro classificazione non è cosa facile, stante i diversi obiettivi che spesso essi si prefiggono e quindi i differenti strumenti e metodi di cui fanno uso, che comportano gradi di difficoltà di applicazione nettamente diversi di caso in caso.

In analogia con la classificazione usualmente adottata per i modelli di quantità, anche per quelli di qualità è possibile fare distinzione fra modelli matematici deterministici e stocastici, a seconda delle modalità di elaborazione dei dati di input del modello, fra modelli concettuali e fisicamente basati, a seconda del significato fisico degli algoritmi su cui essi si basano, e infine tra modelli a parametri concentrati e distribuiti, a seconda del livello di dettaglio dei fenomeni simulati e della suddivisione in parcelle del contesto simulato; ulteriore distinzione fra i modelli è possibile sulla base della scala spaziale (di bacino imbrifero o regionale) o di quella temporale (per singolo evento, stagionale, annuale, con simulazione continua) che in essi è adottata (Novotny e Olem, 1994; Salvetti et al., 2004).

In linea di massima, il ricorso a modelli fisicamente basati si presta bene allo studio di singoli bacini imbriferi; la ricostruzione dello stato di qualità delle acque lungo l'asta fluviale, con tali modelli possibile, consente la loro calibrazione e validazione con misure rilevate in più punti del bacino.

Infine, di particolare interesse è la distinzione tra i modelli, a seconda della forma di inquinante analizzato, di cui il modello consenta la riproduzione: è così possibile distinguere, oltre che i più generali modelli di qualità fluviale, mirati alla riproduzione dei fenomeni di trasporto e trasformazione degli inquinanti nelle reti naturali, a cui essi pervengono in modo generalmente concentrato, anche i modelli d'inquinamento diffuso, specificatamente mirati alla riproduzione dei fenomeni a scala di bacino che conducono alla formazione dei carichi diffusi di origine agricola. Una distinzione netta fra le due categorie di modelli non è spesso possibile; infatti, pur essendo mirati a obiettivi diversi, per cui altrettanto differenti sono gli algoritmi di cui essi fanno uso, tuttavia essi hanno in comune l'obiettivo della riproduzione dello stato di qualità del corpo idrico, per cui entrambi sono spesso presenti all'interno dei numerosi pacchetti software disponibili in letteratura.

Entrando più nello specifico dei modelli di qualità fluviali, i numerosi esempi riportati in letteratura si presentano spesso tra loro molto diversi, sia per i comparti ambientali tenuti in considerazione, sia per gli strumenti matematici adoperati per la loro risoluzione (Loucks 1981; Whitehead e Lack. 1982; Straskraba e Gnauk, 1985; Nardini et al., 1990).

Con riferimento al primo aspetto, è in generale possibile fare distinzione tra i modelli in funzione del tipo e del numero di variabili simulate; pertanto, fermo restando che ciascun modello di qualità deve essere accoppiato a un "modello idraulico" atto a definire il regime delle portate di deflusso, si può fare distinzione tra modelli di tipo "chimico", "biochimico" ed "ecologico", al crescere del numero e tipo delle variabili, che vanno da quelle strettamente indicatrici dell'inquinamento chimico di natura organica e dell'effetto da questo prodotto, a quelle in cui viene tenuto conto anche di componenti viventi il cui metabolismo interagisce con le prime, fino a quelle in cui si tiene conto in maniera sufficientemente completa della catena alimentare che sta alla base dell'ecosistema acquatico (Figura 6.1.1).

Per una migliore comprensione della vasta panoramica di modelli citati in letteratura, è utile premettere un breve richiamo sui principali processi che regolano gli effetti prodotti sulle caratteristiche naturali di un corso d'acqua, a seguito dello sversamento di scarichi in forma concentrata o diffusa, localizzati lungo l'asta fluviale (Thomann e Mueller, 1987; Chapra, 1997).

Tali processi sono generalmente riconducibili a fenomeni di consumo di ossigeno (deossigenazione) e di apporto di ossigeno (riossigenazione); la capacità del corpo idrico di far fronte ai fenomeni di deossigenazione (generalmente di origine antropica), a mezzo di processi di riossigenazione (di solito di origine naturale) costituisce proprio il suo potere di autodepurazione.

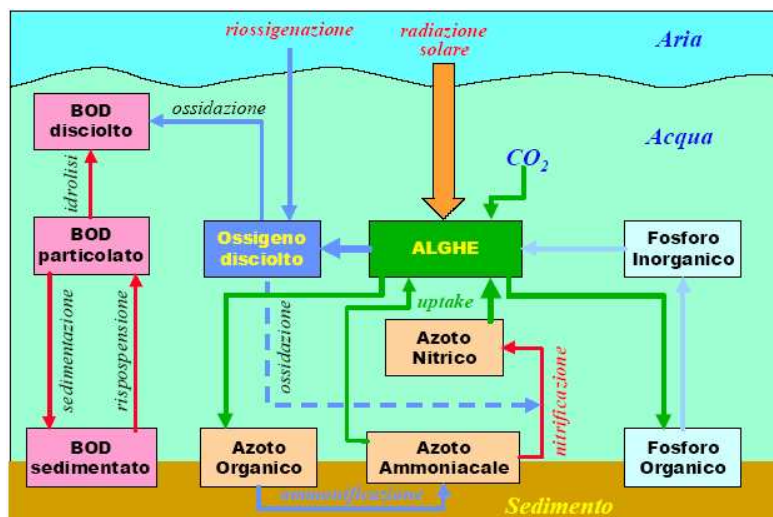


Figura 6.1.1 – Possibili variabili simulate nei modelli di qualità fluviale (ANPA, 2000)

In particolare, i processi riconducibili ai due tipi di fenomeni possono così sintetizzarsi:

a) processi di deossigenazione:

- ossidazione del substrato carbonioso;
- nitrificazione;
- richiesta di ossigeno da parte dei sedimenti;
- metabolismo notturno di microfite e macrofite;

b) processi di riossigenazione:

- reareazione atmosferica;
- produzione di ossigeno per fotosintesi;
- apporto di ossigeno disciolto da parte dei corsi d'acqua tributari.

Ciascuno di tali processi può essere riprodotto con idonee relazioni matematiche, a partire dalle quali, mediante sovrapposizione degli effetti, si può risalire alla simulazione dell'intero fenomeno.

Il primo studio che ha consentito di valutare in modo analitico l'effetto combinato dei fenomeni di deossigenazione e riossigenazione, per quanto limitatamente ad alcuni dei processi prima richiamati, è dovuto a Streeter e Phelps, che nel 1925 formularono un modello basato sul bilancio dell'ossigeno di un corso d'acqua, al fine di studiare i fenomeni di deossigenazione osservati sul fiume Ohio (Streeter & Phelps, 1925).

Le ipotesi che stanno alla base del modello messo a punto dai due Autori sono:

- moto permanente e uniforme;
- deossigenazione dovuta solo al consumo di carbonio organico (BOD);
- riossigenazione solo di natura atmosferica;

- presenza di un solo scarico lungo l'asta fluviale.

In tali ipotesi, la concentrazione di ossigeno disciolto nel corso d'acqua può essere determinata facendo ricorso a cinetiche del primo ordine, che rappresentano i fenomeni di deossigenazione dovuti alla degradazione del BOD e quelli di riossigenazione per assorbimento dell'ossigeno atmosferico; le espressioni così determinate sono:

$$S = S_0 e^{-K_1 t} \quad (1)$$

$$D = \frac{K_1}{K_2 - K_1} S_0 (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + D_0 e^{-K_2 t} \quad (2)$$

Le due espressioni rappresentano rispettivamente la variazione nel tempo della concentrazione di BOD "S" e del deficit di ossigeno "D", quest'ultimo pari alla differenza tra la concentrazione di ossigeno disciolto a saturazione C_s e quella effettiva C ; i parametri che compaiono nelle due espressioni hanno il seguente significato:

C	concentrazione di ossigeno disciolto in acqua [M/V]
C_0	concentrazione di ossigeno in acqua subito a monte del punto di scarico [M/V]
C_s	concentrazione di ossigeno disciolto a saturazione [M/V]
D	deficit d'ossigeno ($D = C_s - C$) [M/V]
D_0	deficit iniziale d'ossigeno ($D_0 = C_s - C_0$), subito a monte del punto di scarico [M/V]
K_1	coefficiente di deossigenazione [1/T]
K_2	coefficiente di riossigenazione [1/T]
S	concentrazione di BOD [M/V]
S_0	concentrazione iniziale di BOD, subito a monte del punto di scarico [M/V]
t	tempo [T]

Va osservato che, per l'ipotesi di moto uniforme su cui il metodo si basa, in entrambe le espressioni (1) e (2) è possibile passare dall'andamento di S e D nel tempo a quello nello spazio, sostituendo il tempo t con il rapporto x/U , dove x è la distanza misurata lungo l'asta fluviale, a partire dal punto di scarico, e U la velocità della corrente fluviale.

Quindi, in una rappresentazione cartesiana nella quale sia riportato sull'asse delle ascisse il tempo t (o lo spazio x), la concentrazione di BOD, rappresentata dalla (1), segue un andamento sempre decrescente fino a un valore asintotico nullo (Figura 6.1.2a); invece la concentrazione di ossigeno disciolto C, ricavabile con la (2), è rappresentata da una "curva a sacco", che, a partire dal valore iniziale $C_0 = C_s - D_0$, raggiunge un valore minimo $C_{\min}$ critico a cui corrisponde il massimo deficit di ossigeno $D_{\max} = C_s - C_{\min}$; oltre tale punto, l'effetto di riossigenazione prevale su quello di deossigenazione, riportando così il valore della concentrazione C a livelli prossimi a quello di saturazione C_s e quindi del deficit D a valori prossimi a zero (Figura 6.1.2b).

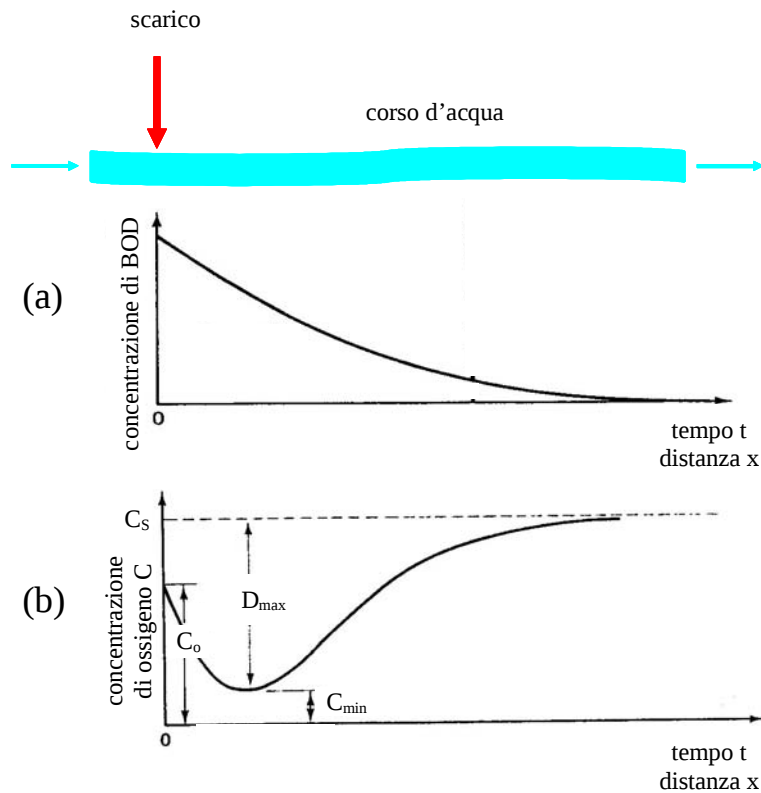


Figura 6.1.2 - Andamenti delle concentrazioni di BOD (a) e di ossigeno disciolto (b) a valle dello scarico in un corso d'acqua (mod. da Thomann e Mueller, 1987)

Il metodo di Streeter e Phelps può essere facilmente modificato, al fine di tener conto simultaneamente di più scarichi, posti in successione lungo l'asta fluviale; in tale caso è infatti possibile applicare il metodo per ogni tratto ricadente fra due scarichi successivi, utilizzando quali valori iniziali D_0 ed S_0 ad esso relativi quelli calcolati alla fine del tratto immediatamente a monte (Figura 6.1.3).

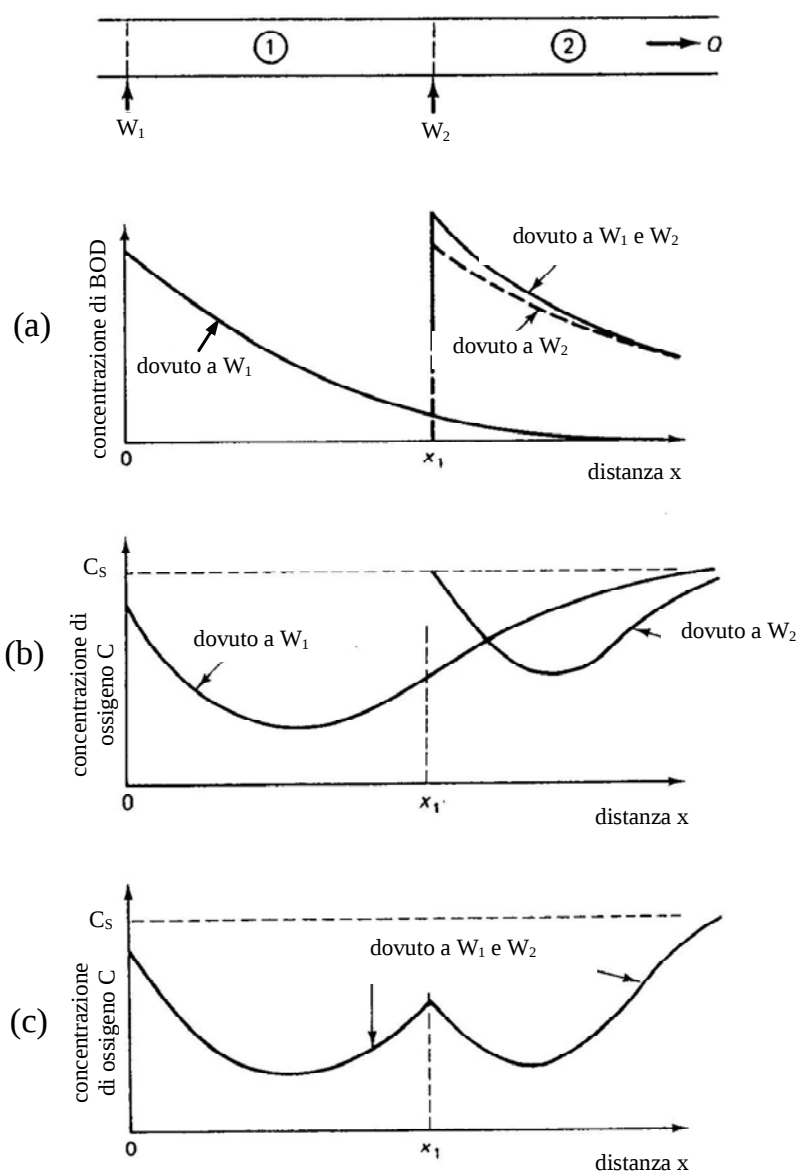


Figura 6.1.3 - Andamento del BOD (a) e della concentrazione di ossigeno disciolto, per effetto di ciascun scarico (b) e della combinazione di entrambi (c), a valle di due scarichi W_1 e W_2 in un corso d'acqua (mod. da Thomann e Mueller, 1987)

Nel corso degli anni sono stati messi a punto numerosi modelli, che tengono conto in modo più o meno completo dei vari processi che contribuiscono ai fenomeni di deossigenazione e riossigenazione delle acque, che erano stati trascurati nel modello di Streeter e Phelps.

A tale scopo, vanno citati i modelli dovuti a Thomas (1948), O'Connor (1962), Camp (1963), Dobbins (1964), Frankel e Hansen (1968), O'Connor e Di Toro (1968, 1970) (citati in Gromiek et al., 1983). Esempi dei fenomeni tenuti in conto nei modelli sono: sedimentazione del BOD, produzione e consumo di ossigeno da parte della componente vegetale, nitrificazione, variazione giornaliera dell'attività fotosintetica e

dell'assorbimento dell'ossigeno atmosferico, miscelazione longitudinale degli inquinanti, etc. In tutti i modelli viene tuttavia mantenuta la radicale semplificazione idraulica di considerare il regime di portata permanente e uniforme.

Un salto di qualità, specie per quanto riguarda gli schemi delle aste fluviali simulabili, si ebbe con la diffusione del modello QUAL-I, messo a punto nel 1970 dal Texas Water Development Board (Chapra, 1997); il modello consente, mediante la discretizzazione dell'asta fluviale in elementi collegati in serie a sezione trasversale variabile, di tener conto di una condizione di deflusso permanente non uniforme e di simulare le interazioni tra componenti biotici (microrganismi) e abiotici (composti conservativi e non) mediante relazioni cinetiche lineari o del primo ordine; il sistema di equazioni di cui il modello si compone viene risolto col metodo delle differenze finite.

Ulteriori passi avanti sono stati fatti nella modellistica di qualità degli ambienti fluviali, al fine di riprodurre in modo più completo le varie componenti dell'ecosistema acquatico simulate (batteri, protozoi, fito e zooplancton, pesci).

In tal senso, un contributo decisivo si è avuto con la messa a punto del modello QUAL-II, sviluppato dall'USEPA nel 1973; il modello consente di tener conto di un notevole numero di componenti, anche di tipo conservativo. Esso è stato oggetto di ripetuti miglioramenti, fino all'attuale QUAL2E ("enhanced QUAL-II model") (Brown e Barnwell, 1987), che consente la simulazione di 15 composti, di cui 3 di tipo conservativo (Tabella 6.1.1).

Anche nel QUAL2E il corso d'acqua è suddiviso in elementi collegati in serie; in particolare l'asta fluviale e gli affluenti che si vogliono simulare, opportunamente schematizzati, sono suddivisi in "tratti" (reaches) con caratteristiche idrauliche uniformi, ciascuno dei quali ulteriormente diviso in "elementi di calcolo" (computational elements) aventi lunghezza e sezione trasversale costanti, nei quali viene imposta la conservazione della portata e della massa (Figura 6.1.4).

Il modello è in grado di simulare solo condizioni di deflusso in moto permanente, perquanto a portata variabile nei vari tratti in cui il corso d'acqua viene suddiviso; è tuttavia possibile tener conto di variazioni giornaliere delle portate in ingresso al modello (fluttuazioni delle portate di tempo secco, scarichi accidentali).

Tabella 6.1.1 – Variabili simulate nel modello QUAL2E

Ossigeno disciolto	Fosforo organico
BOD	Fosforo disciolto
Temperatura	Alghe (Chl-a)
Azoto organico	Batteri coliformi
Azoto ammoniacale	1 composto non conservativo
Azoto nitroso	3 composti conservativi
Azoto nitrico	

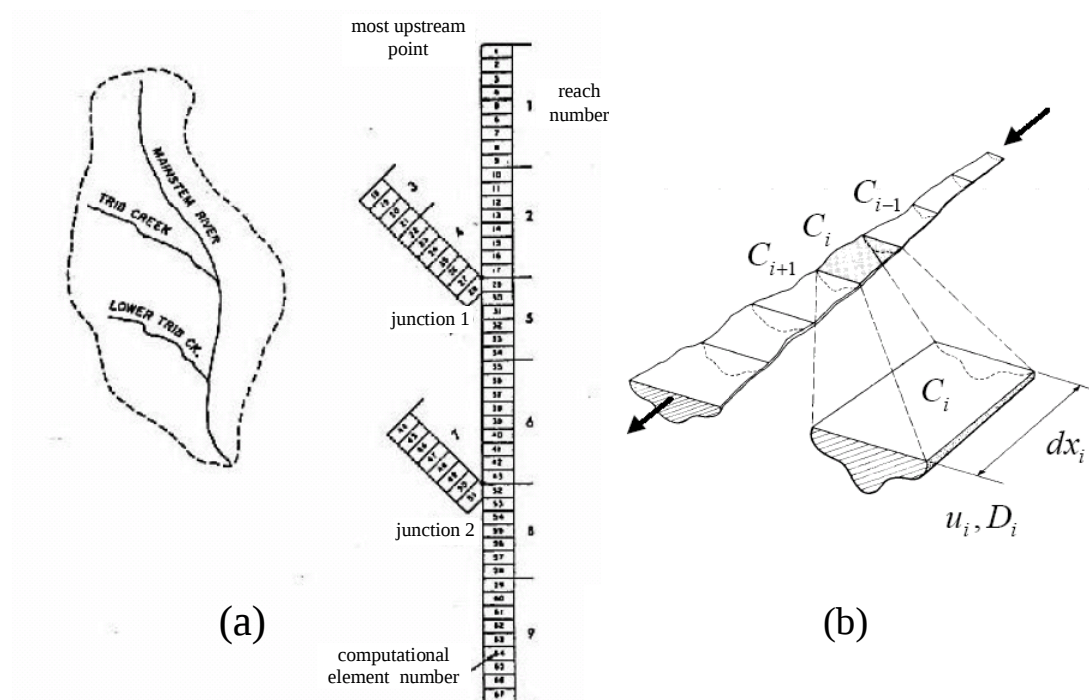


Figura 6.1.4 –Schema del reticolo fluviale simulato nel modello QUAL2E (a) e della divisione in elementi di calcolo delle aste fluviali (b) (USEPA, 1995)

Il notevole numero di processi simulati dal modello comporta evidentemente un problema di valutazione dei numerosi parametri che in esso compaiono, la cui conoscenza richiederebbe insostenibili campagne di monitoraggio e calibrazione; tuttavia la letteratura scientifica viene in aiuto in tal senso, grazie alla base di dati ormai fiorente, ottenuta a seguito dell'esecuzione di molte applicazioni di laboratorio e di campo; a tale scopo si segnala il sempre attuale manuale di Bowie et al. (1985).

Grazie al suo continuo aggiornamento, che ha nel QUAL2K la più recente versione (Chapra et al., 2006), e alla diffusione gratuita, il modello è da ritenere tutt'ora come uno dei migliori disponibili, riuscendo a mediare bene fra completezza dei fenomeni tenuti in conto e relativa semplicità di uso.

Ulteriori modelli sono stati messi a punto nel corso degli anni per la simulazione della qualità fluviale; essi presentano spesso gradi di complessità comparabili o superiori rispetto a quello del modello QUAL2E, per cui l'opportunità del loro uso va prioritariamente verificata sulla base degli obiettivi che si vogliono raggiungere col modello, oltre che della disponibilità di una sufficiente base di dati da utilizzare per la calibrazione del modello stesso e, ove possibile, per la sua validazione.

Pur non avendo la pretesa di dare un elenco esaustivo dei modelli, molti dei quali non diffusi in modo commerciale e quindi di difficile reperibilità e uso, si vogliono qui citare quelli di maggiore importanza e nel contempo di più facile reperibilità ed applicabilità (Tabella 6.1.2).

Tabella 6.1.2 – Modelli di qualità fluviale

<i>nome</i>	<i>autore</i>	<i>riferimento</i>
AQUASIM	EAWAG	Reichert, 1994
DUFLOW	Università di Wageningen	Aalderink et al., 1995
HEC5Q	US Army Engineer Hydrologic Eng. Center	HEC, 1986
INFOWORKS RS	Wallingford software Ltd., UK	Wallingford software Ltd., 2001
ISIS	Wallingford software Ltd., UK	Wallingford software Ltd., 1996
MIKE11	DHI-Danish Hydraulic Institute	DHI, 2000
OTIS	US Geological Survey	Runkel, 1998
QUAL2E	US EPA	Brown e Barnwell, 1987
RWQM1	IWA	IWA, 2001
SIMCAT	National Rivers Authority, GB	NRA, 1990
WASP	US EPA	Ambrose et al, 1988
WEST	Hemmis, Epas, Aquafin, Biomath	Vangheluwe et al., 1998
WODA	Univ. di Varsavia e Politecnico di Milano	Kraszewski e Soncini-Sessa, 1986

In generale, i modelli si differenziano per la possibilità di introdurre condizioni idrodinamiche più o meno complesse (condizioni permanenti e transitorie, segmentazioni orizzontali e verticali dei corpi idrici, etc.), nonché di simulare livelli più o meno complessi e completi dell'ecosistema fluviale; ulteriore caratteristica di differenziazione, specie nelle più recenti famiglie di modelli, sta nelle modalità di gestione dei dati di input e output, facendo ricorso a GIS che consentono l'applicazione di approcci a parametri distribuiti anche per bacini di notevole estensione.

Per quanto riguarda invece i modelli d'inquinamento diffuso, obiettivo comune è quello di consentire la valutazione di concentrazioni e carichi dei principali inquinanti derivanti da attività principalmente extraurbane. Ciò comporta che in genere gli algoritmi utilizzati in tali modelli vanno dalla riproduzione dei fenomeni di assimilazione da parte delle piante, da cui deriva la disponibilità dei composti, fino a quelli di trasporto superficiale o ipodermico. Di particolare interesse sono i modelli per la valutazione dei nutrienti (N e P), stante il rischio di eutrofia che questi possono produrre nei confronti di corpi ricettori (laghi e serbatoi. tratti di mare a debole ricambio). Le principali differenze in tali modelli sono riscontrabili nel tipo di sottomodello idraulico utilizzato per la riproduzione dei deflussi, nonché nelle forme di nutrienti simulate (disciolte e particellate) e negli scambi fra queste e le rimanenti variabili ambientali.

A titolo di esempio, in Figura 6.1.5 è rappresentato il ciclo dell'azoto e della sostanza organica adottato nel modello CRITERIA, messo a punto per il Piano di Tutela della Regione Emilia-Romagna (2003a).

Infine, in Tabella 6.1.3 è riportato un elenco di alcuni fra i principali modelli di inquinamento diffuso per aree agricole. Va ricordato che, per via dell'elevata quantità di dati di input e output presenti nei modelli, spesso a parametri distribuiti, è frequente il loro accoppiamento con sistemi GIS, dotati di DEM (Digital Elevation Model), per la gestione dei dati sulla morfologia dei suoli.

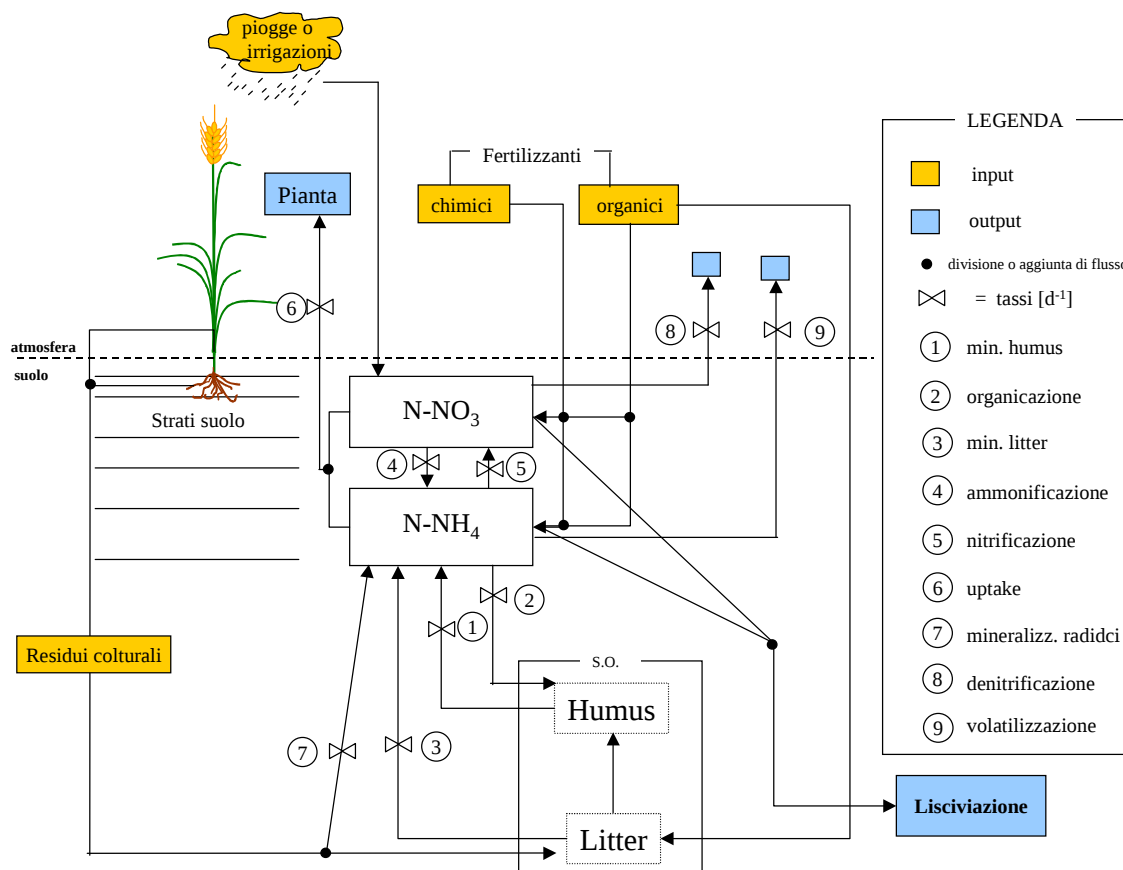


Figura 6.1.5 –Esempio di ciclo dell’azoto e della sostanza organica in modelli di inquinamento diffuso (Regione Emilia-Romagna, 2003a)

Tabella 6.1.3– Modelli di inquinamento diffuso

nome	autore	riferimento
AGNPS	USDA-ARS	Young et al., 1989
AnnAGNPS	USDA-ARS	Cronshey & Theurer, 1998
ANSWERS	Agric. Eng. Dept. of Purdue University	Beasley & Huggins, 1981
AVSWAT	USDA	Di Luzio et al, 2002
CREAMS	USDA-ARS	Knisel, 1980
GLEAMS	USDA-ARS	Leonard et al., 1987
HSP-F	US EPA	Johanson et al., 1984
SWAT	US EPA - USDA	Arnold et al., 1993

6.2 Analisi di un caso di studio: il fiume Simeto

Sono appresso riportati e commentati i principali risultati di uno studio condotto su un corpo idrico siciliano, il fiume Simeto. La notevole estensione del bacino indagato e dello sviluppo dell’asta fluviale ha reso opportuna l’applicazione di un modello di qualità fluviale, che ha consentito di ricostruire la qualità del corso d’acqua in corrispondenza di alcune sezioni d’interesse.

L'applicazione ha avuto per obiettivo la ricostruzione delle principali caratteristiche di qualità del corso d'acqua, in alcune sezioni d'interesse, e quindi la valutazione degli effetti di alcuni interventi di riduzione dei carichi inquinanti ai fini del recupero della qualità delle acque del fiume (Ciravolo et al., 1997, 1999).

Per la simulazione della qualità delle acque del fiume è stato adoperato il modello QUAL2E (USEPA, 1995). L'applicazione del modello ha richiesto l'esecuzione delle seguenti attività:

- a) schematizzazione della rete idrografica da simulare, secondo elementi che possano essere introdotti nel modello;
- b) valutazione dei deflussi fluviali di origine meteorica e di concentrazioni e portate degli scarichi, mediante il censimento delle fonti inquinanti presenti nel bacino, in forma concentrata e diffusa;
- c) introduzione dei valori così ottenuti nel modello e sua taratura a mezzo di misure dirette, eseguite in più sezioni dell'asta fluviale;
- d) uso del modello a scopo previsionale, per valutare le conseguenze di possibili interventi di risanamento.

L'applicazione del modello è stata estesa a buona parte dell'intera rete idrografica del fiume e dei suoi affluenti (Figura 6.2.1); sono stati esclusi i sottobacini sottesi dai serbatoi artificiali realizzati lungo l'asta fluviale (Ancipa sul f. Serravalle, Pozzillo sul f. Salso, Nicoletti sul f. Dittaino, Ogliastro sul f. Gornalunga), nell'ipotesi generalmente verificata che essi determinino un rilascio vallivo praticamente nullo.

Il reticolo idrografico così schematizzato, riportato in Figura 6.2.2, è costituito da 25 "tratti" ulteriormente suddivisi in 224 "elementi di calcolo", ciascuno dei quali avente una lunghezza di 1,5 km.

In tutti i tratti la sezione trasversale dell'alveo è stata ipotizzata di forma trapezia; infatti il fiume è stato oggetto di ripetuti interventi di sistemazione, a seguito dei quali sono state realizzate sagome costituite da un alveo di magra e da golene disposte su uno o più piani.

Le portate utilizzate nel modello sono state misurate in corrispondenza delle stazioni dell'U.I.R.; per quelle non strumentate le portate sono state ricostruite mediante un modello afflussi-deflussi, appositamente messo a punto facendo uso dei dati di pioggia disponibili per il bacino.

Gli apporti inquinanti sono stati valutati utilizzando il metodo indiretto, che ha richiesto il censimento di tutte le fonti inquinanti, in forma concentrata e diffusa, ricadenti all'interno del bacino del fiume. I risultati così ottenuti sono stati verificati per confronto coi valori ricavati con le misure dirette disponibili.

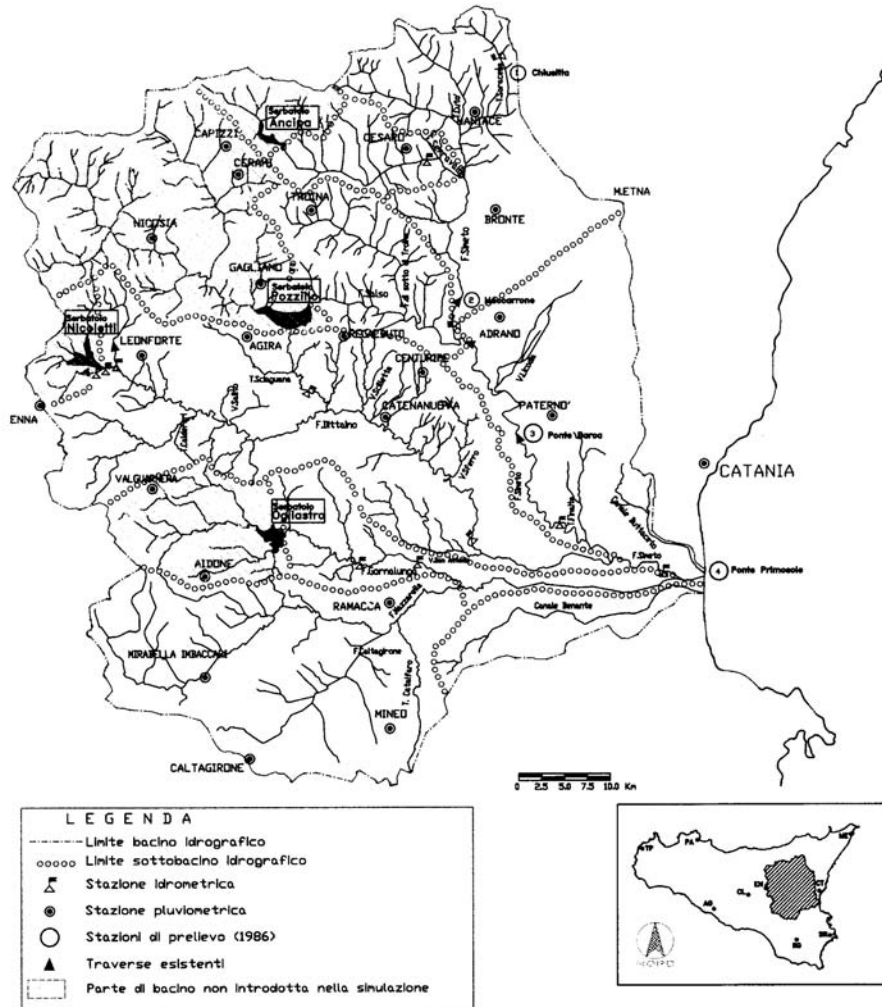


Figura 6.2.1 - Bacino idrografico del f. Simeto

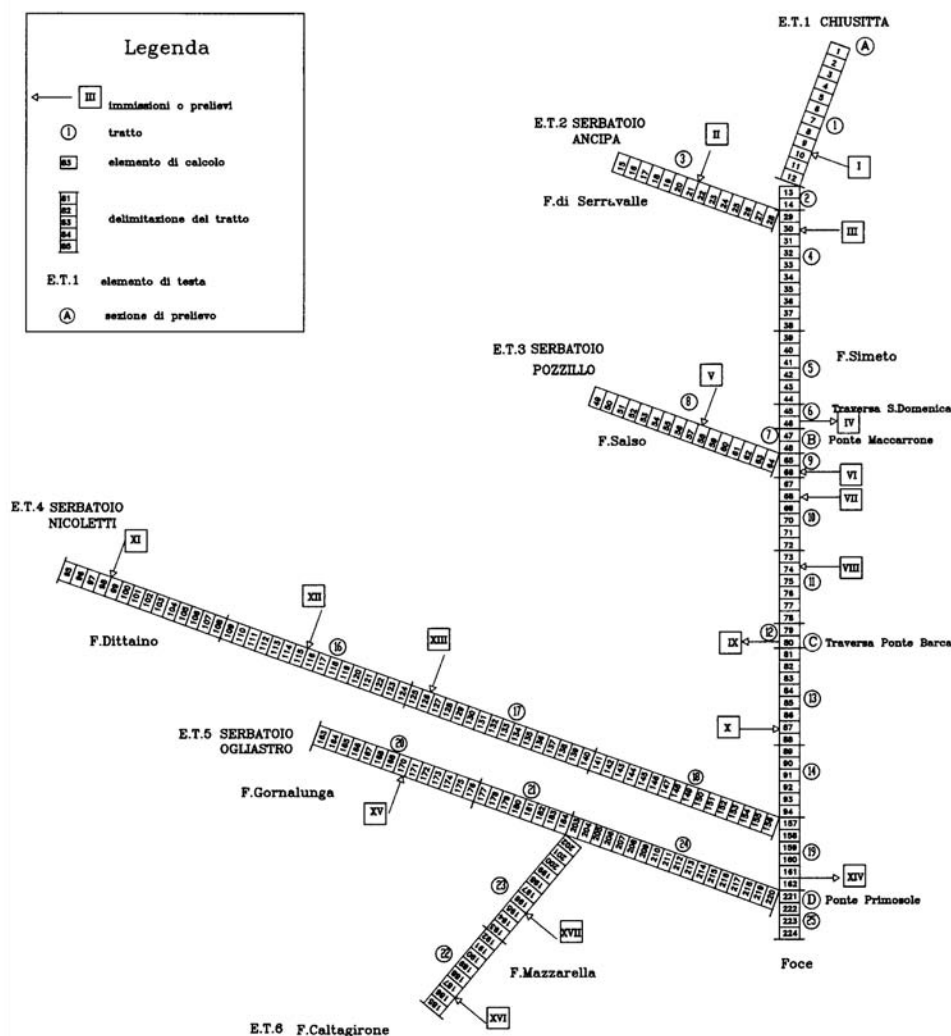


Figura 6.2.2 - Schematizzazione del reticolo idrografico del f. Simeto secondo il modello QUAL2E

La simulazione è stata condotta in condizioni stazionarie, su base mensile; sono stati simulati i seguenti parametri: temperatura, OD, BOD, azoto e fosforo. La taratura del modello è stata eseguita confrontando le concentrazioni ricavate col metodo indiretto con quelle ottenute con misure di campo, eseguite in corrispondenza delle stesse sezioni del fiume.

Il confronto così eseguito ha confermato il progressivo peggioramento della qualità delle acque, passando da monte verso valle, a causa dell'immissione di scarichi urbani, che tuttavia non determinano condizioni particolarmente critiche per il fiume.

Il modello è stato quindi utilizzato per valutare l'effetto di alcune politiche di intervento, mirate a migliorare la qualità dell'intero bacino del f. Simeto. Sono stati messi a confronto con la situazione riscontrata all'atto dello svolgimento dello studio (scenario "A") alcuni scenari alternativi, che prevedono il trattamento degli scarichi civili e produttivi e il riutilizzo dei reflui urbani in agricoltura. I livelli di trattamento sono stati

fissati nel rispetto dei limiti contenuti nelle legislazioni nazionale (L. n. 319/76), in vigore all'epoca dell'esecuzione dello studio, e regionale (L.R.S. n. 27/86).

In particolare, è stato valutato l'effetto del trattamento dei soli reflui urbani nel rispetto della legge regionale (scenario "B") e di quella nazionale, più restrittiva, (scenario "C"); altre situazioni analizzate sono state quelle che prevedono, in aggiunta all'interventi di cui allo scenario C, anche il trattamento dei reflui industriali nel rispetto della normativa nazionale (scenario "D") oppure il riuso estivo dei reflui urbani (scenario "E"), nonché in aggiunta a quest'ultimo il trattamento anche dei reflui industriali (scenario "F"); lo scenario "G" prevede il riuso diretto estivo e indiretto invernale (mediante accumulo), con totale eliminazione quindi di scarichi di reflui urbani nel corso d'acqua; l'ultimo scenario prevede, in aggiunta a quello precedente, anche il trattamento dei reflui industriali (scenario "H").

Gli scenari B, C, D, E ed F consentono quindi di valutare l'effetto di differenti livelli di trattamento e del riuso estivo sulla qualità delle acque; gli scenari G ed H risultano invece utili per valutare la riduzione del carico inquinante avviato a mare attraverso il fiume, nel corso dell'anno.

In Figura 6.2.3, limitatamente alla sezione di Ponte Primosole (prossima alla foce del fiume) sono riportati gli andamenti simulati delle concentrazioni di BOD per gli otto scenari; dal loro esame si evidenzia una significativa diminuzione dei valori delle concentrazioni nel passaggio dallo scenario A a quello B; tale forte decremento è il segno evidente della maggiore influenza dell'apporto di inquinanti dovuto agli scarichi civili, rispetto sia agli scarichi industriali, sia all'inquinamento diffuso; ulteriori miglioramenti si ottengono, ovviamente, man mano che vengono intensificati i livelli di trattamento sia degli scarichi civili, sia di quelli industriali.

L'applicazione del modello QUAL2E ha fornito utili informazioni sulle possibilità di un risanamento del fiume, al fine di garantire gli usi a cui le sue acque sono destinate. In particolare, l'esame della Figura 6.2.3 evidenzia che l'utilizzo per scopo potabile (normato all'epoca dello studio dal D.P.R. 515/82, i cui limiti sono stati confermati anche dall'attuale normativa) sarebbe reso possibile solo a partire dal rispetto dei limiti più restrittivi contenuti nella legge nazionale (scenario C), mentre inadeguato sarebbe il rispetto dei limiti meno restrittivi previsti dalla norma regionale. Un ulteriore miglioramento può essere ottenuto col riuso dei reflui, anche nella sola stagione irrigua; ciò è dovuto alla riduzione dei carichi residui riversati in corrispondenza delle magre estive, capaci di garantire solo modesti gradi di diluizione.

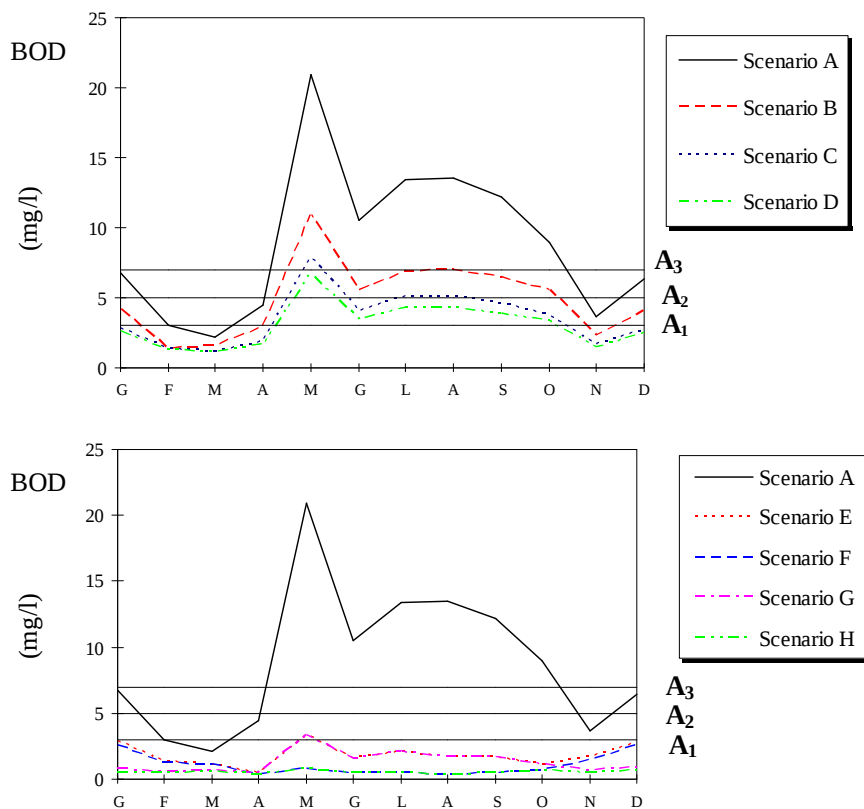


Figura 6.2.3 - Andamenti medi mensili delle concentrazioni di BOD per i vari scenari simulati (A1=3, A2=5 e A3=8 mg/l sono i limiti fissati dalla norma per il BOD)

7 Bibliografia

- Aalderink R.H., Klaver N.J., Noorman R. (1995) DUFLOW V 2.0: micro-computer package for the simulation of one-dimensional flow and water quality in a network of open water courses. Modelling water quality and flow in river Vecht using DUFLOW. In Water quality modeling. Proc. of the Int. Conf. on water quality modeling (edr. C.Heatwole), pp.416-426, American Society of Agricultural Engineers, Orlando, FL.
- Ambrose R.B., Wool T.A., Connolly J.P., Schanz R.W. (1988) WASP4: a hydrodynamic and water quality model – Model theory, user's manual and programmer's guide. Report EPA/600/3-87/039, US EPA, Athens, GA.
- Andreani P., Cecchi G., Sforza M.R., Pecorelli A., Dello Vicario E., Ciambella M., Venanzi D., Mancini L. (2006) Indicatori e modelli per la gestione e il monitoraggio delle acque superficiali. Istituto superiore di sanità, rapporto ISTISAN 06/7.
- ANPA (2000) Modellistica fluviale. Manuale RTI CTN_AIM 2/2000.
- Arnold J.P., Allen P.M., Bernhardt G. (1993) A comprehensive surface groundwater flow model. Journal of Hydrology, 142, pp.47-69.
- Autorità di bacino del fiume Po (2001) *Progetto di Piano stralcio per il controllo dell'Eutrofizzazione (PsE)*. Parma.
- Autorità di bacino dell'Adige (2002) *Qualità e risanamento delle acque superficiali e sotterranee nel bacino idrografico del fiume Adige: obiettivi a scala di bacino e priorità di intervento*.
- Barbiero G., Carone G., Cicioni G.B., Puddu A., Spaziani F.M. (1991) *Valutazione dei carichi inquinanti potenziali per i principali bacini idrografici italiani: Adige, Arno, Po, Tevere*. IRSA-Istituto di Ricerca Sulle Acque-CNR, quaderno n.90.
- Barbiero G., Marchetti R., Spaziani F.M. (1990) *Valutazione dei carichi inquinanti potenziali per le acque costiere italiane*. Quaderno n. 85 IRSA-CNR, Roma.
- Barbiero G., Puddu A. e Spaziani F.M. (1998). *I coefficienti di popolazione equivalente delle attività economiche*. Inquinamento, n.1, pp.46-50, gennaio..
- Beasley D.B., Huggins L.F. (1981) ANSWERS user's manual. EPA 905/9-82-001, U.S. EPA, Chicago.
- Bowie G.L., Mills W.B., Porcella D.B., Campbell C.L., Pagenkopf J.R., Rupp G.L., Johnson K.M., Chan P.W.H., Gherin S.A. (1985) Rates, constants and kinetics formulations in surface water quality modeling (second edition). EPA/600/3-85/040, EPA Environmental Research Laboratory, Athens, GA.
- Brown L.C., Barnwell T.O. (1987) The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and user manual. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA, Report EPA/600/3-87/007.
- Calvo S., Viviani G. (1991) *Applicazione dei modelli empirici nella caratterizzazione trofica dei serbatoi siciliani*. Atti del 2° Congresso Nazionale di Ingegneria Sanitaria-Ambientale, ANDIS '91, Roma, 11-14 dicembre, vol. I, pp. 47-58.
- Chapra S., Pelletier G., Tao H. (2006) QUAL2K: a modelling framework for simulating river and stream. Version 2.04: documentation and users manual. Civil and Environmental Eng. Dept., Tuft University, Medford, MA, march 7.

- Chapra S.C. (1997) Surface water-quality modelling. McGraw-Hill Int. ed.
- Ciravolo L., Indelicato S., Viviani G. (1997) Stream water quality models: an application on the basin of R. Simeto. Proc. Int. Conf. MMEP 97 - Measuring & Modelling in Environmental Pollution, Wessex Institute of Technology, Madrid, 22-24 aprile.
- Ciravolo L., Indelicato S., Viviani G. (1999) Uso di modelli di qualità per il controllo dell'inquinamento dei corpi idrici. L'Acqua, n.2/99 pp.35-44.
- Cronshey R.G., Theurer F.G. (1998) AnnAGNPS: non point pollutant loading model. In Proc. first federal interagency hydrologic modeling conference, 19-23 april, Las Vegas, NV.
- D.lgs. n.152 del 3/4/2006. Norme in materia ambientale. S.O. alla G.U.R.I. n.88 del 14/4/2006.
- D.lgs. n.152 dell'11/05/1999. Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/Cee concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/Cee relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. G.U.R.I., S.O., n. 124 del 29 maggio 1999 (Aggiornato con le modifiche del D.lgs 18/08/2000, n. 258 e della Legge 23/12/2000, n. 388).
- D.M. n.185 del 12/06/2003. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'art.26, comma 2 del D.lgs. 152/99.
- D.P.R. n.515 del 3/7/1982. Attuazione della Direttiva CEE n.75/440 concernente la qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile.
- DHI (2000) MIKE 11 – A modelling system for rivers and channels. Danish Hydraulic Institute Water & Environment. Denmark.
- Di Luzio M., Srinivasan R., Arnold J.C., Neitsch S.L. (2002) Arcview interface for SWAT 2000. User's guide. Blackland Research & Extension Center, Texas Agricultural Experiment Station. USDA Agricultural Research Service.
- Direttiva 2000/60/CE del 23/10/2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque
- E.E.A. - European Environment Agency (1998) A european inventory of emissions to inland waters. A first proposal. Copenhagen.
- Gromiec M.J., Loucks D.P. e Orlob G.T. (1983) Stream quality modelling. In Orlob G.T. (edr.) Mathematical modeling of water quality: streams, lakes and reservoirs. J. Wiley & Sons.
- HEC (1986) HEC-5: simulation and flood control and conservation systems. Appendix on water quality analysis. Report CPD-5Q, Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- ISTAT (2001a) *14° censimento della popolazione e delle abitazioni*. Istituto Nazionale di Ricerche Statistiche.
- ISTAT (2001b) *8° censimento generale dell'industria e dei servizi*. Istituto Nazionale di Ricerche Statistiche.
- ISTAT (2001c) *5° Censimento dell'agricoltura*. Istituto Nazionale di Ricerche Statistiche.
- IWA (2001) River quality model no.1. IWA task group on river water quality modelling. Scientific and technical report no.12.
- Johanson R.C., Imhoff J.C., Kittle J.L., Donigian A.S. (1984) Hydrologic Simulation

- Program – Fortran (HSPF): user's manual release 8. EPA 600/3-84-006 US EPA, Athens, GA..
- Knisel W.G. (1980) CREAMS: a field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems. Conservation Research Report no.26, USDA, Washington, DC.
- Kraszewskj A., Soncini-Sessa R. (1986) WODA: modelling support system for BOD-DO assessment in rivers. Environmental software, 1: 90-97.
- L. n.319 del 10/5/1976. Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.
- L.R. Siciliana n.27 del 15/05/1986. Disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli scarichi degli insediamenti civili che non recapitano nelle pubbliche fognature e modifiche alla legge regionale 18 giugno 1977, n.39 e successive modifiche e integrazioni.
- Leonard R.A., Knisel W.G., Still D.A. (1987) GLEAMS: groundwater loading effects of agricultural management systems. Trans. ASAE 30(5) pp. 1403-1418.
- Loucks D. P. (1981) Water quality models for river system. In: Biswas A.K. (edr) Models for water quality management. McGraw Hill Inc., N.Y.
- Marsili-Libelli S., Betti F., Cavalieri S. (2004) Introducing river modelling in the implementation of the DPSIR scheme of the Water Framework Directive. Proc. 3rd IEMMS Conference, Osnabruck.
- Nardini A., Soncini-Sessa R., Bacci M. (1990) Inquinamento fluviale: realizzazione e uso di modelli matematici. Marsilio Editori.
- Novotny V., Olem H. (1994) Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution. Van Nostrand Reinhold, NY.
- NRA (1990) SIMCAT consent setting model – User guide. The National Rivers Authority's R&D Programme. Project no. 022, output ref. P-61, NRA, Bristol.
- O.M.S.- Organizzazione Mondiale della Sanità (1984) Evaluation rapide des sources de pollution de l'air, de l'eau et du sol. La Tribune du Cebedeau, n.485, 37, pp.131-142 ; n.486, 37, pp.201-210 ; n.487-488, 37, pp.253-262 ; n.489-490, 37, pp.329-346 ; n.492, 37, pp.463-474.
- Regione Emilia-Romagna (2003a) Completamento del quadro conoscitivo sui carichi puntuali e diffusi e verifica ed aggiornamento del catasto degli scarichi. Allegato B: modello CRITERIA. Maggio.
- Regione Emilia-Romagna (2003b) *Piano di Tutela delle Acque – Completamento quadro conoscitivo*. Maggio.
- Regione Emilia-Romagna (2003c) *Piano di Tutela delle Acque – Documento preliminare (art.25 L.R. 20/2000)*. Settembre.
- Regione Lazio (2004) *Piano di Tutela delle Acque: sintesi del Piano, definizione degli interventi, stima dei costi*.
- Regione Lombardia (1991) Piano regionale di risanamento delle acque: criteri di pianificazione in rapporto alla gestione delle risorse idriche lombarde. Milano.
- Regione Lombardia (2004) *Programma di tutela e uso delle acque*. Novembre.
- Regione Lombardia. (1992). *Criteri di pianificazione in rapporto alla gestione delle risorse idriche lombarde*. Piano Regionale di Risanamento delle Acque, 146, 162-163.

- Regione Piemonte (2004a) *Piano di Tutela delle Acque*. Rev-01, luglio.
- Regione Piemonte (2004b) *Linee guida per la formazione dei Piani di Tutela delle Acque*. Ed. F. Angeli, Milano.
- Reichert P. (1994) AQUASIM – A tool for simulation and data analysis of aquatic systems. *Wat. Sci Tech.* 3(2), 21-30.
- Runkel R.L. (1998) One-dimensional transport with inflow and storage (OTIS): a solute transport model for stream and rivers. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 98-4018, Dencer, Colorado, USA.
- Salveti R., Acutis M., Azzellino A. (2004) Il calcolo dei carichi diffuso: il modello SWAT. In L. Bonomo e R. Vismara (eds.) *I Piani di Tutela delle acque: gestione della qualità delle risorse idriche*. Politecnico di Milano, marzo.
- Straskraba M., Gnauk A. (1985) *Freshwater ecosystems modelling and simulation. Developments in Environmental Modelling*, no.8, Elsevier, Amsterdam.
- Streeter W.H., Phelps E.B. (1925) A study of the pollution and natural purification of the Ohio river. *Public Health Bull.* 146, US Public Health Service, Washington DC.
- Thomann R.V., Mueller J.A. (1987) *Principles of surface water quality modeling and control*. Harper & Row Pub., NH.
- USEPA (1995) *The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and user manual*.
- Vangheluwe H., Claeys F., Vansteenkiste G.C. (1998) The WEST wastewater treatment plant modelling and simulation environment. In *Proc. of the 10th European simulation symposium* (eds. A. Bergiela and R. Kerckhoffs), pp.756-761, Society for Computer simulation (SCS), Nottingham, UK.
- Viviani G., Noto L., Colomela D. (2004) Sviluppo di un sistema informativo territoriale per l'analisi a scala regionale dello stato di qualità dei corpi idrici siciliani. *Atti di SIDISA 2004 – Simposio Internazionale di Ingegneria Sanitaria Ambientale*, Taormina, 23-26 giugno.
- Vollenweider R.A. (1976): *Advances in defining critical loading level for phosphorus in lakes eutrofication*, Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza.
- Wallingford Software Ltd. (1996) *ISIS quality – User manual*. HR Wallingford and sir W. Halcrow and Partners, UK.
- Wallingford Software Ltd. (2001) *Infoworks on-line documentation*. HR Wallingford, UK.
- Whitehead P.G., Lack T. (1982) Dispersion and self-purification of pollutants in surface water systems. UNESCO, *Technical papers in hydrology*, no.23, Paris.
- Young R.A., Onstad C.A., Bosch D.D., Anderson W.P. (1989) AGNPS: a non-point-source pollution model for evaluating agricultural watershed. *J. Soil Water Conservation*, 44(2) pp.168-173.