REGIONE PIEMONTE
Direzione Pianificazione Risorse Idriche

ALLEGATO TECNICO
PTA - Rev. 01 Luglio 2004

INDAGINI E STUDI FINALIZZATI ALLA PREDISPOSIZIONE DEL
PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE *(D.Lgs. 152/99)*

FASE	III	ANALISI DELL'IMPATTO ESERCITATO DALL'ATTIVITÀ' ANTROPICA: MECCANISMI DI DIFFUSIONE E VALUTAZIONE DEI CARICHI INQUINANTI
ATTIVITA'	III.n	IMPATTO DI ORIGINE DIFFUSA
ELABORATO	III.n/1	Rapporto tecnico

REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE
01	MAR. 04	N.QUARANTA	M.BUFFO	A.PORCELLANA	
00	LUG. 03	N.QUARANTA	M.BUFFO	A.PORCELLANA	

CODICE DOCUMENTO

1 5 7 0 - 0 3 - 4 0 1 0 1 . D O C

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

Associazione temporanea di imprese

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE — Enel.Hydro — INTECNO-DHI WATER & ENVIRONMENT — C. LOTTI & ASSOCIATI SOCIETA' DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA — RISORSE IDRICHE S.p.A. *Agenzia tecnico-scientifica regionale per lo sviluppo e la salvaguardia delle risorse idriche e dell'ambiente in Piemonte e nel bacino padano*

INDICE

1. PREMESSA 1

2. CALCOLO DEI CARICHI INQUINANTI DI ORIGINE DIFFUSA 1
   2.1 Carichi potenziali di origine diffusa 2
      2.1.1 Stima del carico potenziale diffuso da zootecnia 2
      2.1.2 Stima del carico potenziale diffuso da agricoltura 10
      2.1.3 Stima del carico diffuso da apporto meteorico (precipitazioni e dilavamento) 15
      2.1.4 Sintesi dei carichi potenziali di origine diffusa 15
   2.2 Carichi effettivi di origine diffusa alle acque superficiali 17
      2.2.1 Stima dei carichi effettivi di origine diffusa nelle porzioni di territorio ricomprese nella "zona di pianura" 17
      2.2.2 Stima dei carichi effettivi di origine diffusa nelle porzioni di territorio non ricomprese nella "zona di pianura" 20
      2.2.3 Sintesi dei carichi effettivi di origine diffusa 25
   2.3 Carichi effettivi di origine diffusa alle acque sotterranee 26
      2.3.1 Introduzione 26
      2.3.2 Fonte di pressione di origine agricola, zootecnica e meteorica 27
      2.3.3 Fonte di pressione di origine civile 27

3. ANALISI DELLE DISPERSIONI DELLE RETI FOGNARIE 29

4. APPLICAZIONE DI MODELLISTICA NUMERICA IN AREE-CAMPIONE 29
   4.1 Generalità 29
   4.2 Caratterizzazione agronomica delle aree-campione 31
   4.3 Criteri di parametrizzazione dei dati in ingresso al modello di simulazione 36
   4.4 Ipotesi relative alle gestioni colturali e aziendali 42
   4.5 Discretizzazione idrogeologica 45
   4.6 Applicazione del modello numerico di simulazione e analisi dei risultati 47

APPENDICI

APPENDICE 1 - Riferimenti bibliografici
APPENDICE 2 - Discretizzazione delle caratteristiche pedologiche e descrizione delle pedotransfer functions "HYPRES"
APPENDICE 3 - Descrizione delle tecniche colturali
APPENDICE 4 - Ipotesi di rotazioni colturali

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riassumono alcuni degli elementi conoscitivi raccolti, analizzati ed utilizzati nell'ambito della terza fase del progetto "INDAGINI E STUDI FINALIZZATI ALLA PREDISPOSIZIONE DEL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DI CUI AL DECRETO LEGISLATIVO 152/1999", denominata "**Analisi dell'impatto esercitato dall'attività antropica: meccanismi di diffusione e valutazione dei carichi inquinanti**".

Nell'ambito della terza fase del progetto, che riguarda gli aspetti relativi alla qualità delle acque dei corpi idrici regionali, la sottoattività "Impatto di origine diffusa" (attività III.n), è specificamente orientata ad individuare i principali impatti sul territorio e sui corpi idrici superficiali e sotterranei dell'inquinamento di origine diffusa, cioè principalmente di origine agricola e zootecnica, meteorica e legata al dilavamento delle aree urbane per le acque di prima pioggia.

2. CALCOLO DEI CARICHI INQUINANTI DI ORIGINE DIFFUSA

L'analisi dei carichi inquinanti nei corpi idrici è stata condotta relativamente ai corpi idrici superficiali e sotterranei.

Per la stima dei carichi da fonti diffuse si è proceduto nell'individuazione dei carichi inquinanti teorico generato o potenziale e sversato od effettivo, per le seguenti specie chimiche: BOD_5, COD, N totale e P totale, stessi parametri analizzati con riferimento alle fonti puntuali descritte nell'elaborato III.k/3 (scarichi da impianti urbani e attività industriali, agricoli o di altro tipo).

Il livello di disaggregazione spaziale che è stato adottato per il calcolo dei carichi è quello del dato comunale, tali dati sono poi stati riferiti alle aree idrografiche.

Le fonti di generazione considerate sono quelle pertinenti ai comparti zootecnico, agricolo, meteorico e civile.

L'inquinamento da fonte diffusa è stato quindi valutato sulla base delle seguenti componenti:

- utilizzo in agricoltura di fertilizzanti e concimi, di origine organica o chimica, che possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:
  - fertilizzanti e ammendanti organici di origine zootecnica, prodotti da allevamenti di bestiame in relazione al numero dei capi di bestiame presenti in una zona (carico potenziale diffuso da zootecnia);
  - apporti di fertilizzanti e concimi chimici minerali, nonché spandimento di fanghi da depurazione (carico potenziale diffuso da agricoltura);

- origine meteorica: dovuta all'inquinamento atmosferico veicolato sul suolo e sui corpi idrici superficiali durante le precipitazioni e alla decomposizione naturale dell'apporto vegetale, compreso l'apporto del dilavamento di aree urbane e suoli non coltivati;
- origine civile: acque reflue urbane con recapito su suoli, scarichi domestici (case sparse non allacciate a pubblica fognatura, etc.), scarichi meteorici con recapito su suoli da dilavamento urbano associato al lavaggio operato dalle prime piogge (con recapito su suoli) e perdite della rete fognaria.

Per "carico potenziale" si intende la quantità totale di nutrienti prodotta o immessa all'interno di un dato comune o area idrografica, come somma di tutte le fonti di generazione naturali ed antropiche, al lordo dei processi di abbattimento e trasformazione del carico dovuti ai sistemi di depurazione ed alla naturale autodepurazione che ha luogo durante il trasporto dal punto di generazione al punto di recapito dell'inquinante, nonchè al lordo dell'asporto da parte delle colture.

Il "carico effettivo" è dato dal quantitativo totale di nutrienti che raggiungono i corpi idrici sia superficiali che sotterranei di una determinata area idrografica: in questo caso si tiene quindi conto dei reali percorsi e punti di recapito delle sostanze inquinanti, dei carichi di nutrienti generati e dei quantitativi abbattuti ad opera dei processi depurativi utilizzati e dei processi di asportazione da parte delle colture.

Per l'elaborazione delle stime di carico sono stati utilizzati sia coefficienti desunti dalla letteratura sia coefficienti stimati in accordo con Regione Piemonte, ARPAP ed AgroSelviTer.

I limiti e gli aspetti più problematici di queste tecniche di stima dei carichi inquinanti teorici sono ampiamente discussi nella letteratura (ad es.: Ministero dell'Ambiente, 1992; Mosello & Giuli, 1982; Vighi et al., 1991; Provini et al., 1978; IRSA, 1990; Marchetti & Verna, 1992; AdBPo SP2.1, 2000; AdBPo, PSE 2001; ARPA Piemonte, 2002), e di essi si è tenuto conto nell'elaborazione delle stime e nella loro successiva interpretazione.

2.1 Carichi potenziali di origine diffusa

2.1.1 Stima del carico potenziale diffuso da zootecnia

Per il calcolo di tale carico si è adottata la procedura prevista nel Piano di Bacino del Po - SP2.1, in cui si assume che lo spandimento venga effettuato da ogni allevamento all'interno del comune di ubicazione.

Il carico di origine zootecnica è stato stimato su base comunale a partire dai dati del V° censimento ISTAT dell'agricoltura 2000 e relativi al patrimonio zootecnico disaggregati per tipologia di bestiame e per comune.

Nella tabella 1 sono riportati, in forma sintetica, la consistenza numerica, totale e raggruppata per provincia, dei capi allevati nei comuni della regione (complessivamente 1159 comuni suddivisi tra le 8 province del Piemonte).

Provincia	**bovini**	**ovini**	**caprini**	**equini**	**suini**	**avicoli**	**conigli**	**struzzi**
Torino	243.051	29.979	12.464	3.543	149.456	3.022.327	157.546	965
Vercelli	11.906	4.050	2.138	468	18.727	700.465	14.859	167
Novara	25.168	1.770	1.508	1.325	53.124	692.700	64.885	233
Cuneo	418.575	28.698	9.471	1.941	625.166	5.779.119	653.410	582
Asti	47.747	1.402	2.966	1.422	22.036	3.211.449	49.617	198
Alessandria	51.741	5.491	3.995	1.777	40.682	368.211	66.390	668
Biella	15.975	7.806	3.079	763	14.479	107.146	13.303	132
Verbano Cusio Ossola	4.973	8.966	10.555	511	492	85.218	2.748	66
Tot.capi	**819.136**	**88.162**	**46.176**	**11.750**	**924.162**	**13.966.635**	**1.022.758**	**3.011**
%	**4,85**	**0,52**	**0,27**	**0,07**	**5,47**	**82,73**	**6,06**	**0,02**

Tabella 1 - Consistenza numerica dei capi d'allevamento della Regione Piemonte (Istat, 2000).

Sulla base della consistenza numerica dei capi d'allevamento è stato ricavato il peso vivo secondo i coefficienti indicati in tabella 4.

Nella tabella 2 di seguito riportata viene espresso il peso vivo in tonnellate delle varie categorie animali; la consistenza % del peso vivo totale è rappresentata graficamente in figura 1.

Provincia	**Bovini**	**ovini**	**caprini**	**equini**	**suini**	**avicoli**	**conigli**	**struzzi**
Torino	100.011,0	1.694,1	885,5	1.720,6	11.944,6	3.939,6	242,0	115,8
Vercelli	4.368,4	197,8	157,8	222,2	1.439,9	1.240,9	21,4	20,0
Novara	10.848,7	102,3	106,6	643,5	4.322,0	1.484,7	90,9	28,0
Cuneo	161.587,6	1.654,9	640,8	939,7	48.201,0	7.790,0	963,9	69,8
Asti	16.175,8	81,1	208,0	678,1	1.676,5	3.715,7	81,2	23,8
Alessandria	19.093,0	305,3	288,9	867,2	3.195,0	653,9	101,8	80,2
Biella	7.152,1	443,7	217,0	362,5	1.461,0	277,2	21,7	15,8
Verbano Cusio Ossola	2.272,7	485,8	771,3	234,3	58,4	169,6	5,1	7,9
Tot. t	**321.509,3**	**4.965,1**	**3.275,8**	**5.668,0**	**72.298,3**	**19.271,7**	**1.528,2**	**361,3**
% peso	**74,97**	**1,16**	**0,76**	**1,32**	**16,86**	**4,49**	**0,36**	**0,08**

Tabella 2 - Peso vivo (t) dei capi d'allevamento della Regione Piemonte (Istat, 2000).

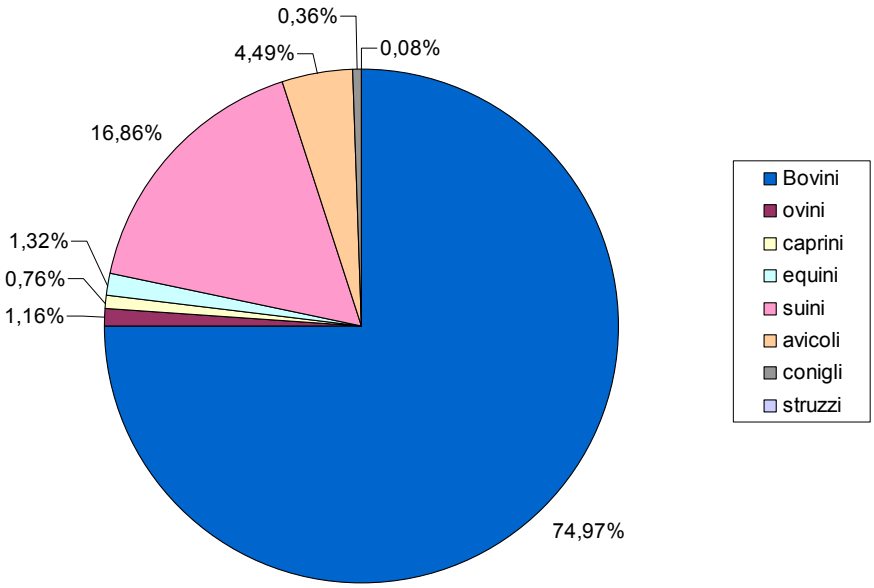


Figura 1 - Consistenza peso vivo capi d'allevamento Regione Piemonte (%).

Appare evidente che come numero di capi il comparto avicolo risulta il più consistente, ma in termini di peso vivo il comparto dell'allevamento bovino costituisce pressoché il 75 % del totale, distribuito fondamentalmente tra le province di Cuneo e di Torino (vedi figura 2).

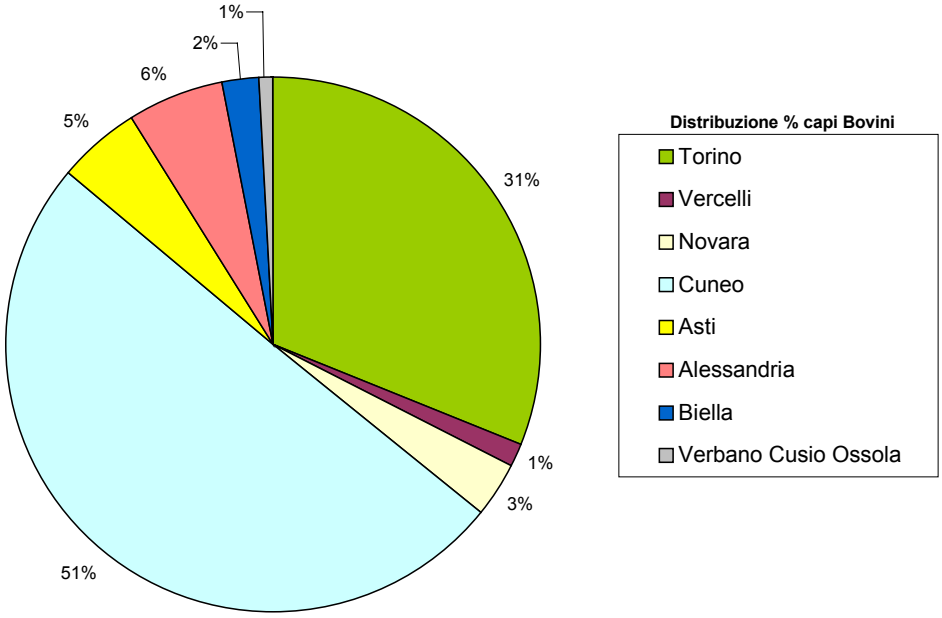


Figura 2 - Distribuzione % peso vivo capi bovini nella Regione Piemonte (%).

Sulla base dei dati relativi all'allevamento sono pertanto stati calcolati i carichi potenziali di BOD_5 e di COD, moltiplicando il numero di capi presente in ogni comune per un opportuno fattore di carico, come da tabella 3.

	Carico potenziale BOD (kg BOD per capo all'anno)	Carico potenziale COD (kg COD per capo all'anno)
Bovini	200	430
Suini	90	193,5
Ovini	55	118,3
Avicoli*	1	2,2
Equini	200	430

* *Tra gli avicoli, per quanto riguarda la categoria struzzi sono stati adottati rispettivamente i valori di 10 e 22 Kg per capo all'anno* -- Fonte: AdBPo, PsE, 2001 (modificato)

Tabella 3 - Fattori di carico relativi a BOD_5 e COD per tipologia di bestiame.

Per quanto riguarda i carichi di N e P sono invece stati considerati il peso vivo di ciascuna categoria animale del censimento ISTAT presente in ciascun comune, moltiplicata per i coefficienti di carico riportati in tabella 4.

Categoria ISTAT			Peso medio unit.	N	P
			kg	kg/t pv*anno	kg/t pv*anno
34. Bovini	01. Di età inferiore ad un anno	01. Destinati ad essere macellati come vitelli	130,0	83,0	34,1
		02. Maschi da riproduzione	140,0	83,0	34,1
		03. Maschi da macello	140,0	83,0	34,1
		04. Femmine da allevamento	125,0	83,0	34,1
		05. Femmine da macello	125,0	83,0	34,1
	02. Da 1 anno a meno di 2 anni	06. Maschi da riproduzione	500,0	83,0	39,6
		07. Maschi da macello	425,0	83,0	39,6
		08. Femmine da allevamento	350,0	83,0	39,6
		09. Femmine da macello	340,0	83,0	39,6
	03. Di 2 anni e piu'	10. Maschi da riproduzione	850,0	83,0	39,6
		11. Maschi da macello	600,0	83,0	39,6
		12. Femmine manze da allevamento	500,0	83,0	39,6
		13. Femmine manze da macello	450,0	83,0	39,6
		14. Femmine vacche da latte	625,0	90,0	34,1
		15. Femmine altre vacche	550,0	90,0	39,6
35. Bufalini	01. Bufale	18. Bufale	500,0	83,0	39,6
	02. Altri bufalini	19. Altri bufalini	250,0	83,0	39,6
36. Ovini	01. Pecore	21. Pecore da latte	60,0	99,0	19,2
		22. Altre pecore	60,0	99,0	19,2
	02. Altri ovini	23. Altri ovini	35,0	99,0	19,2

Categoria ISTAT			Peso medio unit.	N	P
			kg	kg/t pv*anno	kg/t pv*anno
37. Caprini	01. Capre	25. Capre che hanno gia' figliato	50,0	99,0	19,2
		26. Capre montate per la prima volta	40,0	99,0	19,2
	02. Altri caprini	27. Altri caprini	30,0	99,0	19,2
38. Equini	01. Cavalli	29. Cavalli	500,0	69,0	22,5
	02. Asini	30. Asini	350,0	69,0	22,5
	03. Altri equini	31. Altri equini	400,0	69,0	22,5
39. Suini	01. Di peso inferiore a 20 Kg	33. Suini di peso inferiore a 20 kg	18,0	112,0	54,6
	02. Da 20 Kg a meno di 50 Kg	34. Suini da 20 kg a meno di 50 kg	35,0	112,0	54,6
	03. Da ingrasso di 50 Kg e piu'	35. Suini da ingrasso da 50 kg a meno di 80 kg	65,0	112,0	54,6
		36. Suini da ingrasso da 80 kg a meno di 110 kg	95,0	112,0	54,6
		37. Suini da ingrasso da 110 kg e piu	120,0	112,0	54,6
	04. Da riproduzione di 50 Kg e piu'	38. Verri	250,0	112,0	54,6
		39. Scrofe montate	180,0	112,0	54,6
		40. Di cui montate per la prima volta	180,0	112,0	54,6
		41. Altre scrofe	160,0	112,0	54,6
		42. Di cui giovani non ancora montate	160,0	112,0	54,6
40. Allevamenti avicoli	01. Polli da carne	44. Polli da carne	1,0	165,0	109,9
	02. Galline da uova	45. Galline da uova	2,0	169,0	109,9
	03. Tacchini	46. Tacchini	6,0	165,0	125,7
	04. Faraone	47. Faraone	0,9	165,0	125,7
	05. Oche	48. Oche	3,0	165,0	125,7
	06. Altri allevamenti avicoli	49. Altri allevamenti avicoli	2,0	165,0	125,7
41. Conigli	01. Fattrici	51. Fattrici	3,5	143,0	95,6
	02. Altri conigli	52. Altri conigli	1,2	143,0	95,6
42. Struzzi	01. Struzzi riproduttori	54. Struzzi riproduttori	120,0	169,0	125,7
	02. Altri struzzi	55. Altri struzzi	120,0	169,0	125,7

Tabella 4 - Peso medio unitario e fattori di carico relativi a N e P per tipologia di bestiame (Fonte: Gruppo di lavoro CNR-MURST, programma nazionale di ricerca reflui agroindustriali-Linea reflui zootecnici).

In tabella 5 viene riportata la stima dei carichi potenziali totali calcolati come precedentemente descritto ed accorpati per provincia.

In termini assoluti di produzione potenziale, le province di Cuneo e Torino sono responsabili di quasi l'80 % della produzione.

	BOD_5			COD			N			P		
	%	t/anno	kg/ha SAU anno	%	t/anno	Kg/ha SAU anno	%	t/anno	Kg/ha SAU anno	%	t/anno	Kg/ha SAU anno
To	25,17	68.136,2	261,9	25,16	146.646,5	563,6	27,35	11.104.9	42,7	27.34	4924,4	18,9
Vc	1,92	5.202,7	51,3	1,93	11.221,2	110,7	1,97	801,9	7,9	1.97	402,2	4,0
No	4,05	10.955,1	172,6	4,05	23.588,3	371,6	4,34	1.761.6	27.7	4,33	829,9	13,1
Cn	54,76	148.252,4	448,2	54,74	319.033,8	964,6	52.02	21.1221.5	63,9	52,01	9706,1	29,3
At	5,64	15.270,7	204,5	5,66	32.992,9	441,8	5,58	2.266.6	30.3	5.58	1153,7	15,4
Al	5,64	15.261,6	90,2	5,63	32.831,7	194,0	5,51	2.237.9	13,2	5,51	1026,1	6,1
Bi	1,98	5.357,9	186,5	1,98	11.525,3	401,2	2,3	932.5	32.5	2,29	400	13,9
VCO	0,85	2.300,6	57,6	0,85	4.951,6	124,0	0,93	377.3	9,5	0,92	135,2	3,4
tot.	100	**270.737**		100	**582.791**		100	**40.605**		100	**18577**	

Tabella 5 - Carico potenziale diffuso da zootecnia.

Nelle figure seguenti (3÷8) vengono presentate graficamente le distribuzioni %, distinte per provincia, dei carichi potenziali totali calcolati.

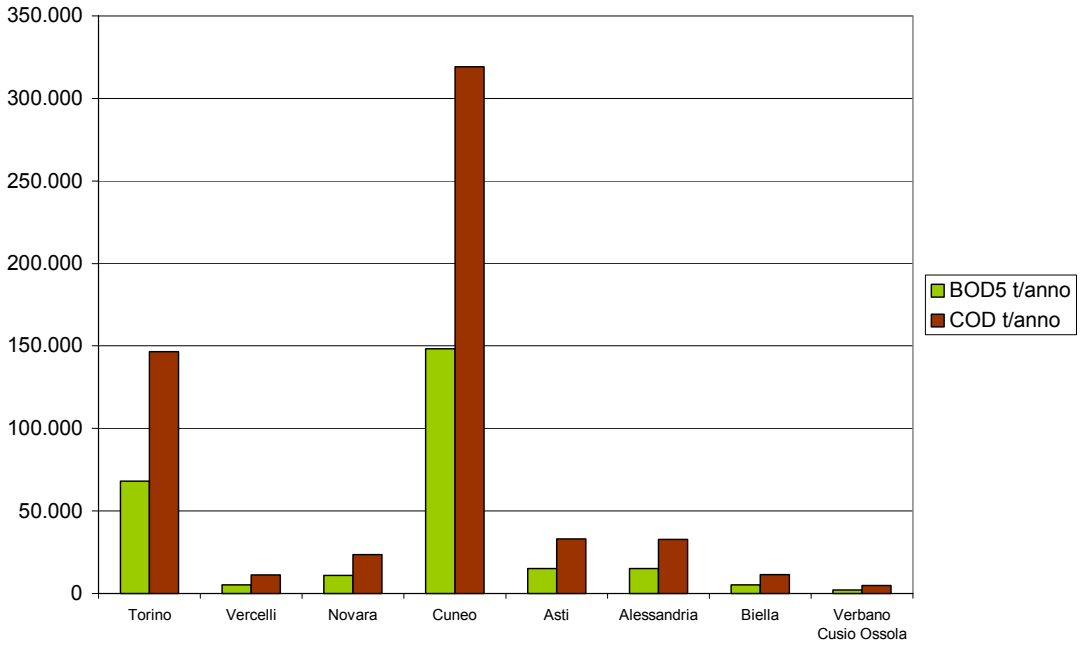


Figura 3 - Carico potenziale diffuso da zootecnia: BOD_5 e COD per provincia (t/anno).

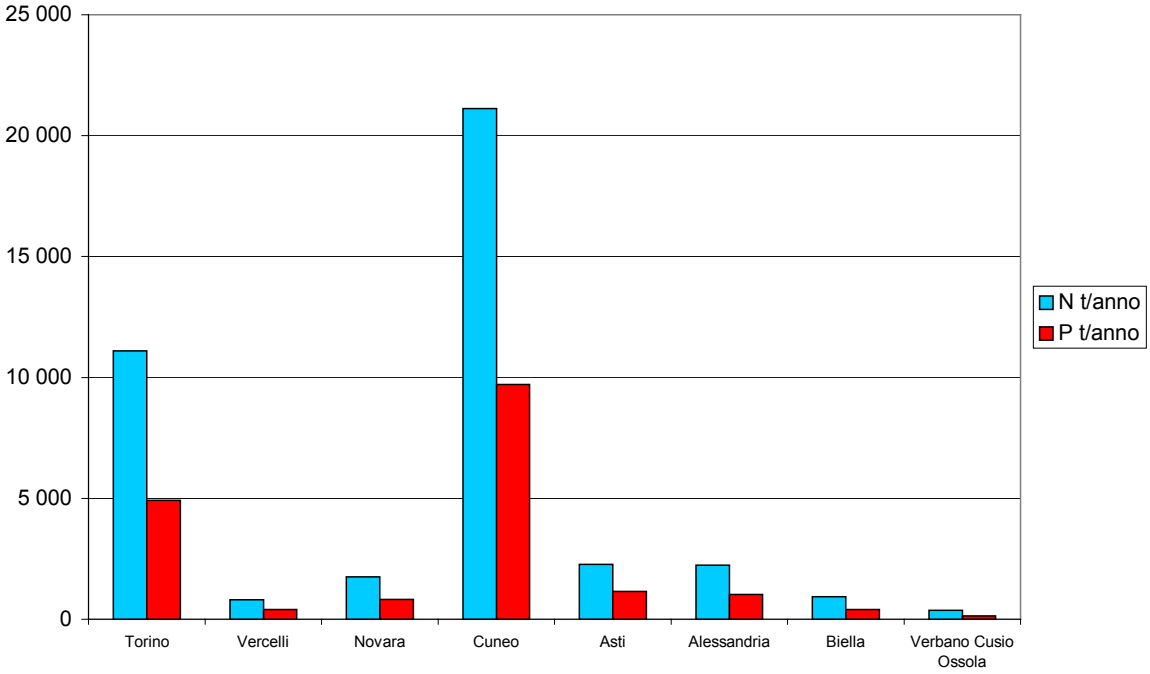


Figura 4 - Carico potenziale diffuso da zootecnia: N e P per provincia (t/anno).

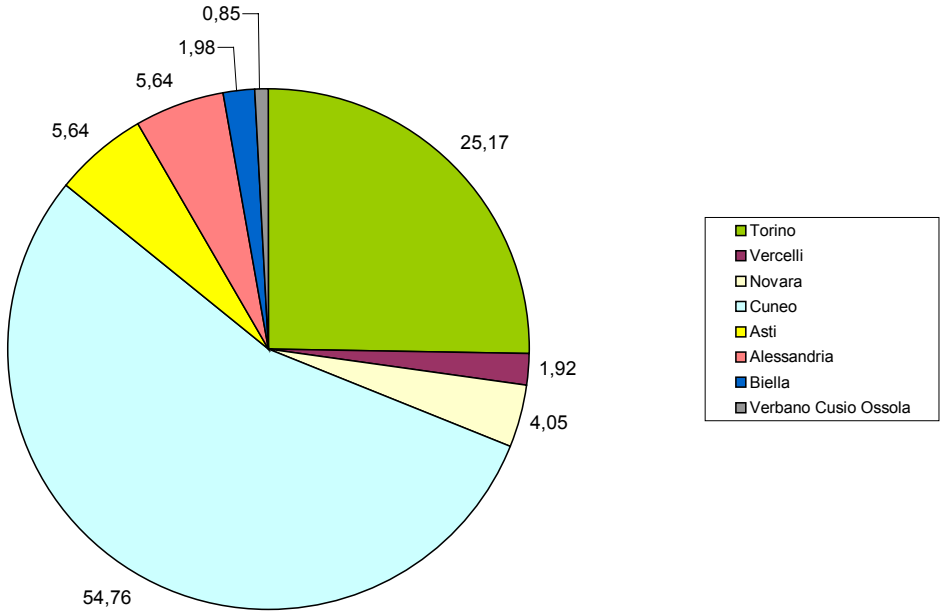


Figura 5 - Carico potenziale diffuso di BOD_5 da zootecnia per la Regione Piemonte (%).

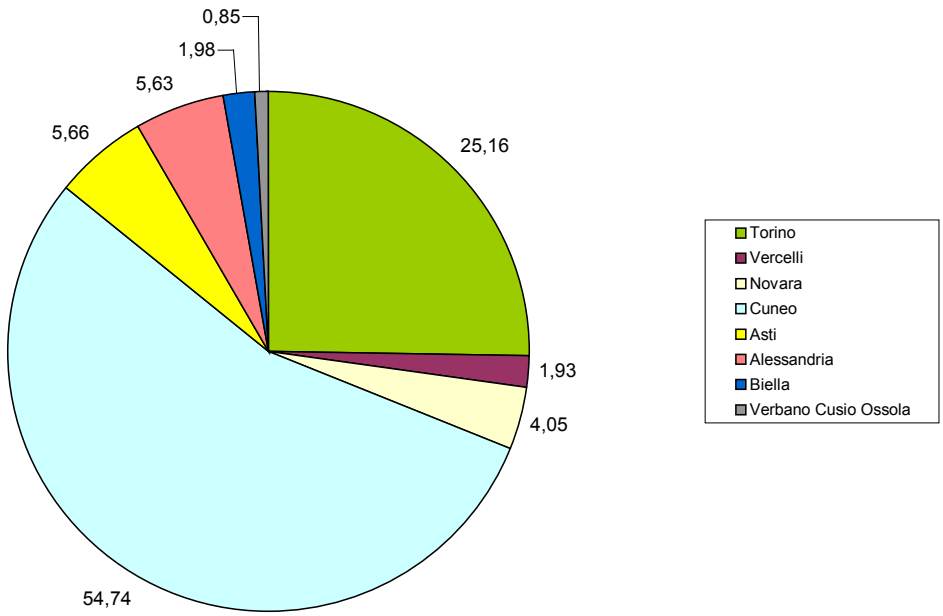


Figura 6 - Carico potenziale diffuso di COD da zootecnia per la Regione Piemonte (%).

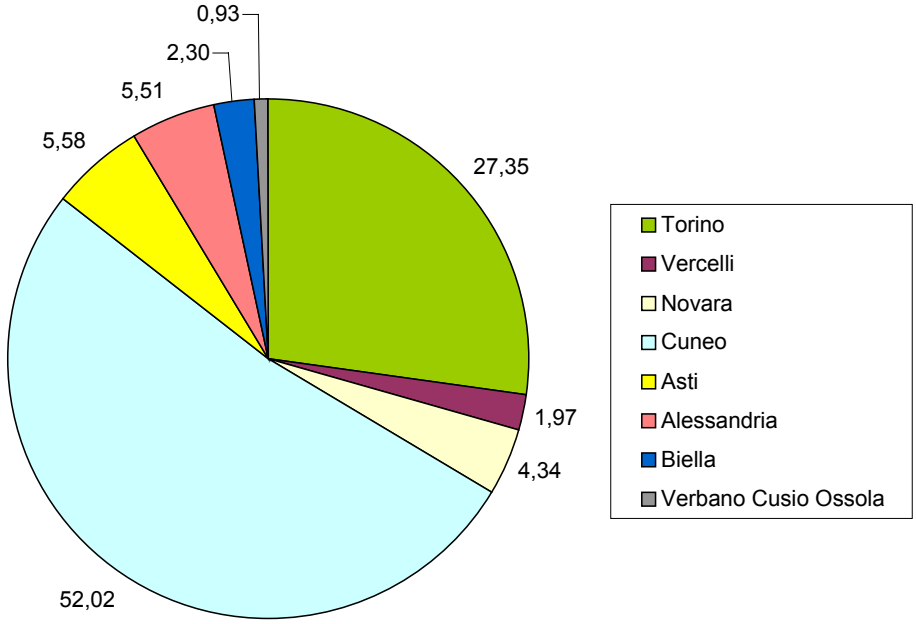


Figura 7 - Carico potenziale diffuso di N da zootecnia per la Regione Piemonte (%).

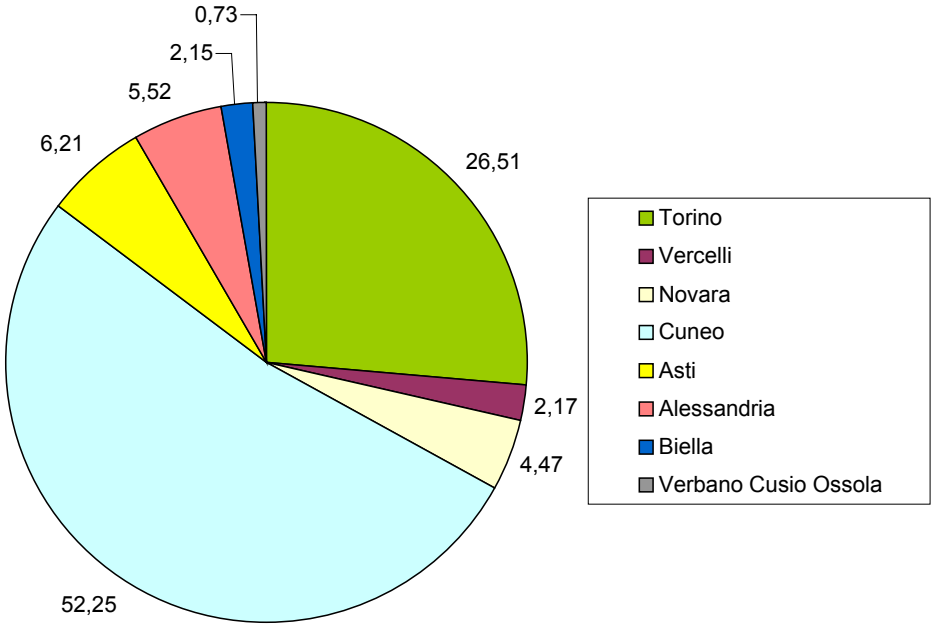


Figura 8 - Carico potenziale diffuso di P da zootecnia per la Regione Piemonte (%).

Nelle tavole nell'elaborato III.n/2 i carichi potenziali di origine diffusa, che sono stati calcolati su base comunale, vengono rappresentati per area idrografica di appartenenza.

I dati aggregati per area idrografica sono riportati di seguito nella tabella n. 9.

2.1.2 Stima del carico potenziale diffuso da agricoltura

Per il calcolo dei carichi agricoli, sia potenziali sia effettivi, si è fatto riferimento per gli aspetti generali alla metodologia del "Progetto di Piano stralcio per il controllo dell'Eutrofizzazione" dell'Autorità di Bacino del Po (PsE, 2001).

L'uso del suolo e le superfici utilizzate sono state derivate dai dati, aggregati su base provinciale, del V° censimento ISTAT dell'Agricoltura. Nella tabella 6 sono riepilogati i valori di Superficie Agricola Utilizzata.

PROV.	Superficie Agricola Utilizzata SAU (ha)
To	260.174
Vc	101.363
No	63.480
Cn	330.741
At	74.683
Al	169.209
Bi	28.729
VCO	39.920
tot.	**1.068.299**

Tabella 6 - Riepilogo della Superficie Agricola Utilizzata su base provinciale
Fonte: dati V censimento ISTAT, 2000

Nel calcolo dei carichi potenziali da fonte agricola sono stati tenuti in considerazione i risultati del lavoro sulla "Quantificazione del carico di nutrienti di origine agricola - Elaborazione finale dei dati relativi all'azoto" del Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio dell'Università degli Studi di Torino (AgroSelviTer, 2002).

Tale lavoro si è avvalso dell'esperienza personale di dottori agronomi operanti nelle diverse aree del territorio piemontese che per la valutazione degli apporti di Azoto minerale sui terreni agricoli che hanno raccolto informazioni presso tecnici agrari e dottori agronomi operanti nelle varie aree di studio, presso i grossi rivenditori di fertilizzanti o strutture per la commercializzazione dei mezzi tecnici in agricoltura (es. cooperative) e presso agricoltori rappresentativi per "aree tipo" e "colture tipo".

Dato che il lavoro di AgroSelviTer ha riguardato, il calcolo del bilancio d'azoto per aree omogenee del territorio di pianura della regione, nella determinazione dei calcoli potenziali di azoto e fosforo sono state utilizzate alcune distinzioni.

Innanzitutto i comuni della regione sono stati suddivisi tra comuni ricompresi nelle aree agronomicamente omogenee come da AgroSelviTer, 2002 (aree di pianura) e comuni esterni alle stesse (aree di collina e montagna). Per i comuni ricadenti a cavallo delle aree omogenee sono state valutate le percentuali di territorio ricomprese nelle stesse e quelle ad esse esterne.

Per quanto riguarda l'azoto il calcolo potenziale derivante dall'apporto da fertilizzazione minerale è stato calcolato:

- per i comuni ricadenti nelle aree omogenee e per la percentuale di territorio in esse ricadenti dei comuni a cavallo delle stesse, sulla base di specifici valori di apporto desunti da AgroSelviTer, 2002, moltiplicati per il valore di SAU;

- per i comuni esterni alle aree omogenee (aree di collina e montagna) e per le quote percentuali dei territori esterni ad esse dei comuni a cavallo delle stesse, sulla base di valori di apporto, per aree di collina e montagna, stimati preliminarmente da AgroSelviTer sulla base delle esperienze maturate sulle tipologie colturali della regione, moltiplicati per le relative superfici colturali del censimento ISTAT, 2000.

Per quanto riguarda il fosforo il calcolo potenziale derivante dall'apporto da fertilizzazione minerale è stato calcolato:

- per i comuni ricadenti nelle aree omogenee e per la percentuale di territorio in esse ricadenti dei comuni a cavallo delle stesse, sulla base di valori di apporto per aree di pianura, stimati preliminarmente da AgroSelviTer sulla base delle esperienze maturate sulle tipologie colturali della regione, moltiplicati per le relative superfici colturali del censimento ISTAT, 2000;
- per i comuni esterni alle aree omogenee (aree di collina e montagna) e per le quote percentuali dei territori esterni ad esse dei comuni a cavallo delle stesse, sulla base di valori di apporto per aree di collina e montagna, stimati preliminarmente da AgroSelviTer sulla base delle esperienze maturate sulle tipologie colturali della regione, moltiplicati per le relative superfici colturali del censimento ISTAT, 2000.

La stima del carico potenziale è stata effettuata sulla base degli apporti della fertilizzazione al lordo dell'asportazione operata dalle varie colture, in considerazione della consistente sottostima del carico effettivo (cioè della parte di carico che effettivamente raggiunge i corpi idrici) che si otterrebbe da una valutazione del carico potenziale effettuato al netto delle asportazioni stesse.

In tabella 7 viene riportata la stima dei carichi potenziali totali calcolati come precedentemente descritto ed accorpati per provincia.

In termini assoluti di produzione potenziale le province di Cuneo, Torino, Alessandria e Vercelli sono responsabili di più dell'80 % della produzione del carico potenziale d'azoto e fosforo derivante dal comparto agricolo.

PROV.	**N**			**P**		
	%	t/anno	Kg/ha SAU anno	%	t/anno	Kg/ha SAU anno
To	21,39	18.831,8	72,4	22,57	3.636,6	14,0
Vc	15,92	14.013,7	138,3	12,71	2.047,1	20,2
No	8,29	7.302,6	115,0	8,67	1.397,7	22,0
Cn	24,18	21.292,2	64,4	25,99	4.187,4	12,7
At	6,60	5.810,4	77,8	7,63	1.229,6	16,5
Al	21,95	19.321,1	114,2	20,43	3.292,2	19,5
Bi	1,52	1.337,6	46,6	1,73	279,4	9,7
VCO	0,15	132,0	3,3	0,26	41,9	1,0
tot.	100,00	**88.041**		100,00	**16.112**	

Tabella 7 - Carico potenziale diffuso di nutrienti da agricoltura.

Nelle figure 9 e 10 vengono presentati graficamente i carichi potenziali totali calcolati e il carico espresso in Kg/ha di Superficie Agricola Utilizzata (SAU), mentre nelle figure 11 - 12 sono riportate, distinte per provincia, le distribuzioni % dei carichi potenziali di Azoto e Fosforo.

Nelle tavole nell'elaborato III.n/2 i carichi potenziali di origine diffusa, che sono stati calcolati su base comunale, vengono rappresentati per area idrografica di appartenenza.

I dati aggregati per area idrografica sono riportati di seguito nella tabella n. 9.

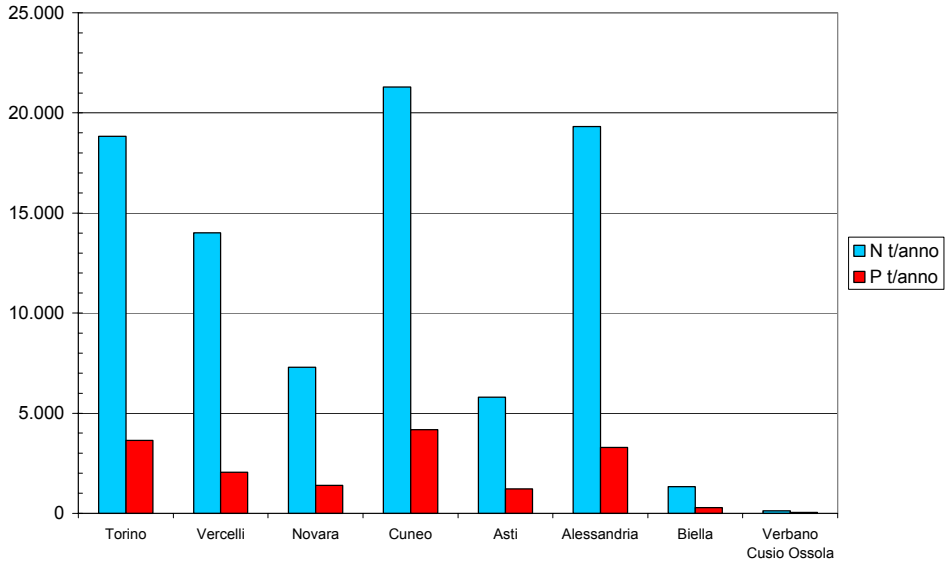


Figura 9 - Carico potenziale diffuso da agricoltura: N e P per provincia (t/anno).

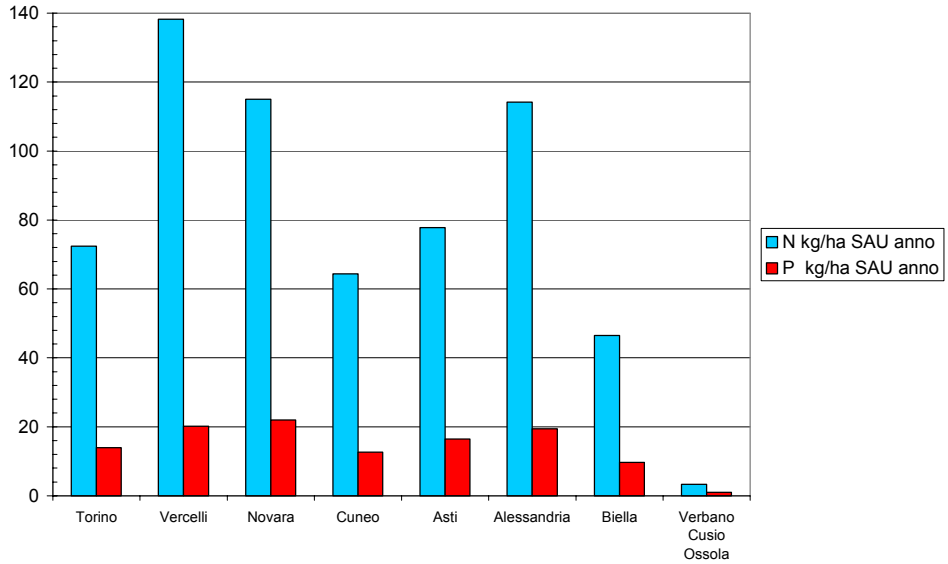


Figura 10 - Carico potenziale diffuso di N e P da agricoltura per unità di Superficie Agricola Utilizzata (kg/ha SAU anno).

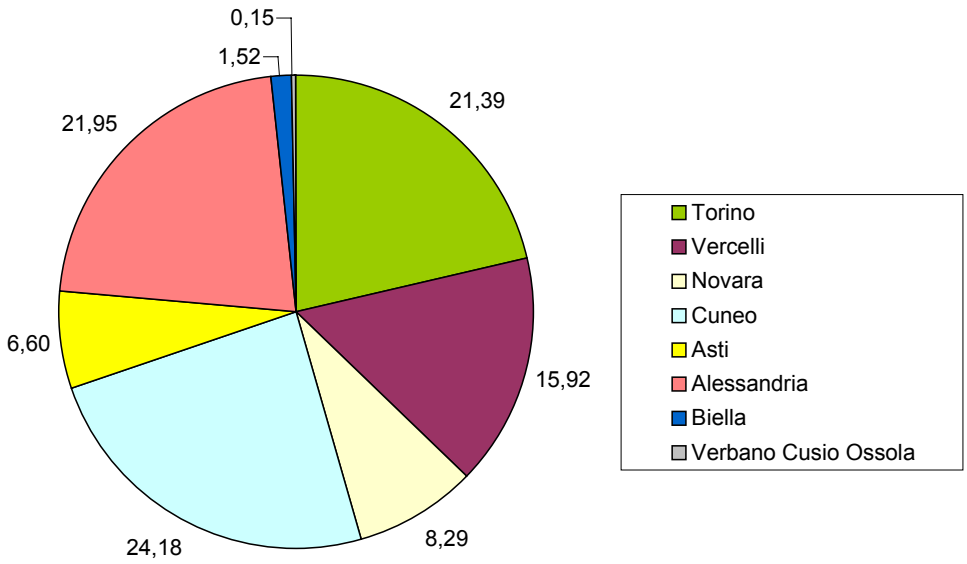


Figura 11 - Carico potenziale diffuso da agricoltura: N (%) per provincia.

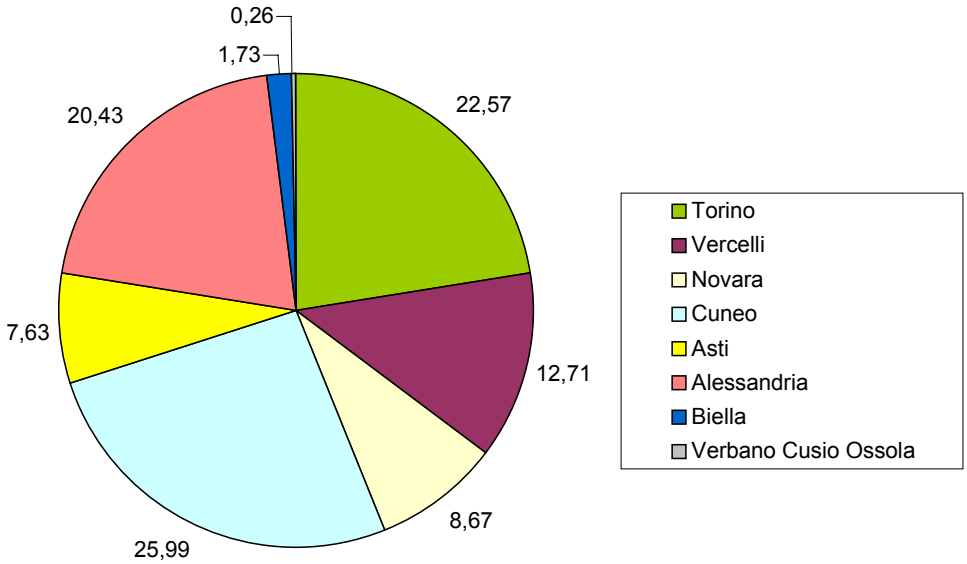


Figura 12 - Carico potenziale diffuso da agricoltura: P (%) per provincia.

2.1.2.1 Spandimento dei fanghi da depurazione

Nella valutazione dei carichi potenziali di origine diffusa si è considerato anche l'uso in agricoltura dei fanghi da depurazione.

Pertanto il carico potenziale di Azoto di origine agricola, stimato come precedentemente descritto al paragrafo 2.1.2, è stato ulteriormente incrementato sulla base della quantità di fanghi utilizzati e del loro tenore di Azoto (% su sostanza secca).

I dati utilizzati si riferiscono al 2000 e sono stati forniti dalle province interessate allo spandimento, l'apporto di Azoto è stato quantificato in 120 t/a.

2.1.3 Stima del carico diffuso da apporto meteorico (precipitazioni e dilavamento)

Il carico diffuso da precipitazioni e dilavamento meteorico sulle aree urbane viene recapitato dal sistema di drenaggio urbano al sistema fognario e quindi al corpo idrico recettore. E' pertanto considerato a tutti gli effetti come un carico effettivo da fonte puntuale, e come tale è descritto in dettaglio nell'elaborato III.m/1 relativo all'attività di "Analisi del sistema degli scarichi".

I carichi potenziali di azoto e fosforo derivanti dalle precipitazioni atmosferiche sulle aree non urbane, sono stati calcolati sulla base di stime di apporto meteorico di azoto e di fosforo rispettivamente pari a 23.5 kg N/anno/ha (fonte: CIPAIS, 1994) e a 0.16 kg P/anno/ha (fonte: CIPAIS, Campagna 2001). Va precisato che le informazioni bibliografiche presentano dati diversi, con una notevole variabilità e solo in rari casi avvalorati da dati analitici; sarebbe pertanto auspicabile un monitoraggio che possa fornire valori precisi.

I carichi effettivi derivanti dal dilavamento delle superfici rurali e dalle precipitazioni sono descritti in dettaglio al paragrafo 2.2.3.

2.1.4 Sintesi dei carichi potenziali di origine diffusa

Nelle seguente tabella sono riportati i valori totali annui dei carichi potenziali di origine diffusa aggregati per provincia.

Provincia	Carichi potenziali diffusi									
	Zootecnia				Agricoltura		Apporto meteorico		TOTALE	
	BOD5 (t/anno)	COD (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)
TORINO	68136.2	146646.5	11104.9	4924.4	18844.7	3636.6	14757.8	100.5	44707.5	8661.5
VERCELLI	5202.7	11221.2	801.9	402.2	14015.3	2047.1	4683.3	31.9	19500.5	2481.2
NOVARA	10955.1	23588.3	1761.6	829.9	7406.5	1397.7	2889.4	19.7	12057.5	2247.2
CUNEO	148252.4	319033.8	21122.5	9706.1	21293.7	4187.4	15728.1	107.1	58144.3	14000.6
ASTI	15270.7	32992.9	2266.2	1153.7	5810.4	1229.6	3322.3	22.6	11398.9	2406.0
ALESSANDRIA	15261.6	32831.7	2237.9	1026.1	19321.1	3292.2	7959.9	54.2	29518.9	4372.5
BIELLA	5357.9	11525.3	932.5	400.0	1337.6	279.4	1981.5	13.5	4251.6	692.9
VERBANIA-CUSIO-OSSOLA	2300.6	4951.6	377.3	135.2	132.0	41.9	5110.8	34.8	5620.1	211.9
TOTALI	270737	582791	40605	18578	88161	16112	56433	384	185199	35074

Tabella 8 - Carichi potenziali di nutrienti da fonti diffuse aggregati per provincia.

In tabella 9 viene riportata la stima dei carichi potenziali totali annui, calcolati come precedentemente descritto ed aggregati per area idrografica di appartenenza.

Nome Bacino	Carichi potenziali diffusi									
	Zootecnia				Agricoltura		Apporto meteorico		totale	
	BOD5 (t/anno)	COD (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)
AGOGNA	6877.3	14804.5	1031.3	481.3	4100.4	714.4	1431.5	9.7	6563.2	1205.5
ALTO PO	29100.3	62591.3	4362.1	1934.5	4719.1	761.3	1852.5	12.6	10933.6	2708.4
ALTO SESIA	955.9	2056.1	156.3	55.8	25.2	9.2	2127.8	14.5	2309.3	79.5
ALTO TANARO	31496.8	67787.7	4655.0	2163.7	4004.3	858.4	4144.1	28.2	12803.4	3050.3
BANNA	18723.0	40299.7	2690.4	1242.2	4504.9	910.3	1363.8	9.3	8559.1	2161.8
BELBO	2763.0	5984.0	403.5	217.3	845.5	291.1	973.8	6.6	2222.8	515.1
BORBORE	5296.1	11405.8	727.9	350.9	1410.7	283.7	883.9	6.0	3022.5	640.7
BASSO BORMIDA	5757.3	12383.0	904.2	412.1	4861.7	825.8	1828.6	12.4	7594.4	1250.3
BORMIDA DI MILLESIMO	1881.9	4064.7	293.3	142.0	420.1	123.2	720.2	4.9	1433.7	270.1
BORMIDA DI SPIGNO	744.4	1603.7	116.9	54.2	184.8	55.7	284.1	1.9	585.9	111.9
CERVO	5514.0	11859.4	891.0	375.0	3436.4	637.9	2311.5	15.7	6638.9	1028.7
CHISOLA	15587.5	33532.2	2553.0	1121.7	3628.6	783.5	1118.1	7.6	7299.7	1912.8
CHISONE	925.1	1989.3	147.0	62.2	108.5	35.8	1389.2	9.5	1644.7	107.5
CURONE	318.2	684.3	52.7	23.2	699.6	154.0	494.5	3.4	1246.9	180.6
DORA BALTEA	3316.7	7137.8	582.3	247.7	2575.4	451.7	1355.9	9.2	4513.6	708.6
DORA RIPARIA	3021.8	6500.7	574.5	233.5	410.7	88.7	2575.2	17.5	3560.4	339.7
GESSO	767.4	1655.3	122.5	55.1	98.5	31.2	1199.8	8.2	1420.8	94.5
GRANA MELLEA	20832.2	44835.0	2862.9	1360.0	1846.4	408.3	853.0	5.8	5562.3	1774.0
MAIRA	29974.0	64476.6	4092.5	1855.5	4295.2	804.2	2131.2	14.5	10519.0	2674.2
MALONE	3437.7	7402.5	643.9	291.9	1204.0	186.2	691.8	4.7	2539.8	482.8
ORBA	1005.0	2164.5	176.4	83.9	994.9	204.4	1172.3	8.0	2343.7	296.3
ORCO	3461.1	7468.2	681.3	316.3	1366.1	248.0	2029.0	13.8	4076.4	578.1
PELLICE	2665.8	5739.8	386.1	165.1	294.0	56.3	703.4	4.8	1383.6	226.2
BASSO PO	23941.3	51525.4	3556.4	1608.6	15131.2	2485.3	4157.6	28.3	22845.2	4122.1
SANGONE	2263.3	4866.6	368.9	156.8	569.1	102.8	481.0	3.3	1419.0	262.9
SCRIVIA	2405.7	5176.5	322.7	146.6	2577.2	465.4	1567.8	10.7	4467.7	622.7
BASSO SESIA	3413.0	7371.6	661.6	374.0	10477.0	1481.2	2118.2	14.4	13256.8	1869.6
STURA DI DEMONTE	20069.8	43166.2	2716.5	1225.0	2161.0	533.9	2164.3	14.7	7041.8	1773.6
STURA DI LANZO	2777.2	5979.6	561.3	244.7	383.0	95.2	1942.8	13.2	2887.1	353.1
BASSO TANARO	10272.7	22233.8	1563.7	831.6	7288.5	1321.5	3000.3	20.4	11852.5	2173.5
TERDOPPIO	741.3	1600.4	129.1	63.4	568.7	126.8	231.4	1.6	929.2	191.9
TICINO	2581.7	5554.8	446.5	178.9	1360.5	310.4	2186.2	14.9	3993.2	504.1
TOCE	1707.1	3675.0	295.8	110.9	108.5	35.7	3754.5	25.6	4158.8	172.2
VARAITA	6141.7	13215.5	875.3	391.8	1501.9	230.3	1193.4	8.1	3570.6	630.3
TOTALI	270737	582791	40605	18578	88161	16112	56433	384	185199	35074

Tabella 9 - Carichi potenziali di nutrienti da fonti diffuse aggregati per area idrografica.

2.2 Carichi effettivi di origine diffusa alle acque superficiali

La quantificazione dei carichi effettivi diretti ai corpi idrici superficiali ha richiesto un affinamento metodologico.

La procedura disponibile in bibliografia è quella indicata da AdBPo "SP2.1", basata sull'applicazione ai carichi potenziali di nutrienti, calcolati come precedentemente descritto al paragrafo 2.1, di un coefficiente di sversamento caratteristico di ciascun nutriente, e di un fattore di calcolo elaborato sulla base delle caratteristiche morfologiche del territorio, della permeabilità del suolo e delle precipitazioni.

In letteratura è reperibile anche uno studio sperimentale sulle perdite per ruscellamento di azoto e fosforo su diversi suoli ed areali italiani; in particolare sono disponibili dei dati analitici rilevati in stazioni sperimentali site a Carmagnola, nella pianura torinese (cfr. Grignani et al.: "Effetti di tipologie di suolo e colture foraggere sulle perdite per ruscellamento di azoto, fosforo e potassio in differenti areali italiani", Edagricole 1996).

Con riferimento ai parametri azoto e fosforo si è pertanto ritenuto di adottare per la componente suoli coltivati di pianura una nuova metodologia basata su tali dati analitici sperimentali, integrandola per la parte di territorio pianeggiante non coltivato con stime di perdite di nutrienti reperite in bibliografia (Vighi e Chiaudani, 1986 "Un nuovo metodo per la stima della capacità assimilativa dei laghi: il modello MEI e la sua applicazione per i piani di risanamento." Ingegneria ambientale, Vol. 15, n. 5, maggio 1986).

Per la parte di territorio collinare-montuosa, ove non sono disponibili dati sperimentali, la valutazione dei carichi effettivi è stata effettuata secondo la procedura indicata da AdBPo.

Alla metodologia AdBPo ci si è riferiti anche per le stime di carico effettivo dei parametri BOD5 e COD da zootecnia su tutto il territorio regionale.

2.2.1 Stima dei carichi effettivi di origine diffusa nelle porzioni di territorio ricomprese nella "zona di pianura"

2.2.1.1 Stima delle perdite per ruscellamento di azoto e fosforo dai suoli coltivati di pianura

Il calcolo delle perdite per ruscellamento di azoto e fosforo su suolo coltivato di pianura è stato effettuato mediante l'applicazione di una metodologia sperimentale.

I valori di ruscellamento sono stati ottenuti applicando ai dati di piovosità annua di ciascun comune un coefficiente di deflusso che varia in base alla tipologia del suolo, alla permeabilità (alta, media o bassa) e alla pendenza media del territorio comunale, secondo la formula "Rational":

$$Q = C \times I \times A$$

dove: Q: portata di ruscellamento
I: intensità di pioggia
A: area
C: coefficiente di deflusso

Pendenza	Alta permeabilità	Media permeabilità	Bassa permeabilità
< 2%	0.13	0.15	0.17
2÷7%	0.18	0.20	0.22
>7%	0.25	0.30	0.35

Tabella 10 - Valori del coefficiente di deflusso.

Come evidenziato in tabella 10 il valore minimo del coefficiente di deflusso risulta essere 0.13, il valore massimo 0.35.

Le concentrazioni di azoto e fosforo nelle acque di ruscellamento sono state desunte da misure sperimentali effettuate su due stazioni di rilevamento poste su suolo coltivato di pianura a Carmagnola (TO) (cfr. Grignani et al.: "Effetti di tipologie di suolo e colture foraggere sulle perdite per ruscellamento di azoto, fosforo e potassio in differenti areali italiani", Edagricole 1996).

Nell'ambito di tale studio sono state effettuate analisi chimiche sulle acque superficiali raccolte mediante appositi contenitori posti nelle stazioni di misura.
Le concentrazioni medie di macronutrienti rilevate sono state:
N tot.: 9.4 mg/l
P tot.: 1.35 mg/l.

Questi dati analitici sono stati applicati alle stime di ruscellamento adottate nel presente studio e rapportate alle superfici coltivate di ciascun comune.

Il valore così ottenuto, espresso in kg/ha/anno, rappresenta la perdita complessiva per ruscellamento di macronutrienti di provenienza sia agricola, sia zootecnica che meteorica.

Moltiplicando tale valore per la superficie coltivata di ciascun comune ricompreso nelle aree di pianura, si ottengono i valori riportati nella tabella 11, aggregati per provincia e in Tabella 12, aggregati per area idrografica.

2.2.1.2 Stima delle perdite per ruscellamento di azoto e fosforo dai suoli non coltivati di pianura

Gli unici dati di stima di perdite di azoto e fosforo da aree non coltivate sono riportati da Vighi e Chiaudani, 1986 "Un nuovo metodo per la stima della capacità assimilativa dei laghi: il modello MEI e la sua applicazione per i piani di risanamento." Ingegneria ambientale, Vol. 15, n. 5, maggio 1986. Tale indagine ha fornito valori variabili tra 0,1 e 0,65 Kg P/ha/ anno, con un valore medio di 0,30.

Nell'Allegato 1 alla Relazione generale del Progetto di PsE la cessione di azoto dalle foreste è quantificata in 2,5 kg N/ha anno.

Pertanto la perdita di nutrienti da zone pianeggianti non coltivate è stata quantificata sulla base di tali valori moltiplicati per le relative aree comunali ascrivibili alle zone non coltivate.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 11 e 12 aggregati rispettivamente per provincia e per area idrografica.

Provincia	Carichi effettivi diffusi - Acque sup. - Aree di pianura					
	Suolo Coltivato		Suolo non coltivato		TOTALI	
	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)
TORINO	2444.3	351.0	354.1	42.5	2798.4	393.5
VERCELLI	1225.2	176.0	69.2	8.3	1294.4	184.3
NOVARA	838.9	120.5	137.5	16.5	976.4	137.0
CUNEO	3368.1	483.7	278.2	33.4	3646.3	517.1
ASTI	778.7	111.8	93.9	11.3	872.6	123.1
ALESSANDRIA	1991.7	286.0	198.7	23.8	2190.4	309.9
BIELLA	403.6	58.0	62.1	7.5	465.7	65.4
VERBANIA-CUSIO-OSSOLA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTALI	11050	1587	1194	143	12244	1730

Tabella 11 - Carichi effettivi di nutrienti da fonti diffuse - aree di pianura - aggregati per provincia.

Nome Bacino	Carichi effettivi diffusi - Acque sup - Aree di pianura					
	Suolo Coltivato		Suolo non coltivato		TOTALI	
	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)
AGOGNA	431.5	62.0	71.9	8.6	503.4	70.6
ALTO PO	800.0	114.9	51.4	6.2	851.4	121.1
ALTO SESIA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ALTO TANARO	1030.1	147.9	66.7	8.0	1096.9	156.0
BANNA	393.3	56.5	24.8	3.0	418.1	59.5
BELBO	70.7	10.2	7.4	0.9	78.1	11.0
BORBORE	188.7	27.1	27.2	3.3	215.9	30.4
BASSO BORMIDA	471.6	67.7	36.0	4.3	507.5	72.0
BORMIDA DI MILLESIMO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BORMIDA DI SPIGNO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CERVO	670.1	96.2	82.9	9.9	752.9	106.2
CHISOLA	444.8	63.9	46.3	5.6	491.1	69.4
CHISONE	4.8	0.7	0.4	0.0	5.2	0.7
CURONE	108.8	15.6	11.8	1.4	120.6	17.0
DORA BALTEA	302.7	43.5	51.6	6.2	354.3	49.7
DORA RIPARIA	121.7	17.5	27.2	3.3	148.9	20.7
GESSO	129.5	18.6	58.6	7.0	188.0	25.6
GRANA MELLEA	270.7	38.9	17.8	2.1	288.4	41.0
MAIRA	441.0	63.3	28.3	3.4	469.3	66.7
MALONE	239.1	34.3	52.6	6.3	291.7	40.7
ORBA	163.3	23.5	25.7	3.1	189.0	26.5
ORCO	218.6	31.4	26.5	3.2	245.1	34.6
PELLICE	87.6	12.6	9.4	1.1	97.1	13.7
BASSO PO	1464.6	210.3	140.0	16.8	1604.6	227.1
SANGONE	66.8	9.6	8.0	1.0	74.9	10.6
SCRIVIA	291.4	41.9	29.0	3.5	320.4	45.3
BASSO SESIA	881.6	126.6	62.7	7.5	944.3	134.1
STURA DI DEMONTE	337.0	48.4	27.9	3.3	364.9	51.7
STURA DI LANZO	145.8	20.9	53.8	6.5	199.6	27.4
BASSO TANARO	890.8	127.9	104.6	12.5	995.4	140.5
TERDOPPIO	92.2	13.2	9.1	1.1	101.2	14.3
TICINO	189.8	27.3	32.3	3.9	222.0	31.1
TOCE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VARAITA	101.9	14.6	2.0	0.2	103.9	14.9
TOTALI	**11050**	**1587**	**1194**	**143**	**12244**	**1730**

Tabella 12 - Carichi effettivi di nutrienti da fonti diffuse - aree di pianura - aggregati per area idrografica.

2.2.2 Stima dei carichi effettivi di origine diffusa nelle porzioni di territorio non ricomprese nella "zona di pianura"

Nelle zone non pianeggianti, in mancanza di dati analitici sperimentali, i carichi effettivi di origine diffusa sono stati elaborati sulla base della procedura indicata da AdBPo nel SP2.1.

Il calcolo di questi carichi si ottiene applicando ai carichi potenziali, stimati come descritto al paragrafo 2.1, una serie di coefficienti di sversamento, che tengono conto delle caratteristiche del parametro inquinante.

Carico effettivo = Carico potenziale x coefficiente di sversamento x fattore di calcolo

I coefficienti di sversamento variano in funzione della fonte di generazione del carico e vengono infine corretti con fattori di calcolo in funzione delle caratteristiche fisiografiche e climatiche del territorio.

In particolare i fattori di correzione indicati nel SP2.1 considerano le seguenti variabili:

- la pendenza media del territorio comunale interessato;
- l'altezza di pioggia media;
- la permeabilità media dello strato insaturo.

Come in SP 2.1, ciascuno di questi fattori è stato distinto in tre classi: bassa, media e alta; le caratteristiche delle 3 classi nonché i rispettivi fattori di correzione vengono riportati in tabella 13.

Pendenza media del territorio comunale	Fattore di calcolo	Precipitazione media annua	Fattore di calcolo	Permeabilità dello strato insaturo	Fattore di calcolo
<0,2°	0,8	<800 mm	0,8	Alta	0,8
0,2-1,4°	1	800-1200 mm	1	Moderata	1
>4°	1,25	>1200 mm	1,25	Bassa	1,25

Tabella 13 - Fattori di calcolo per la determinazione del carico effettivo (fonte AdBPo).

La pendenza media dei comuni è stata calcolata a partire dal modello digitale del terreno della Regione Piemonte (cfr. attività fase I del progetto PTA); il valore di precipitazione media è stato ricavato anch'esso dalle elaborazioni sulle precipitazioni in Piemonte su lungo periodo (1951-1991) condotte in fase I del progetto PTA; mentre per quanto riguarda il fattore di permeabilità, è stata presa come base dati la carta pedologica regionale, e sono stati assegnati valori di permeabilità bassa, media, alta alle varie tipologie di suolo.

Per i comuni comprendenti aree con suoli a differente grado di permeabilità, il valore del fattore di calcolo utilizzato è stato ricavato da una media ponderata, rispetto alla superficie, dei valori attribuiti ad ogni singola area.

Tipologia suolo	Classe di permeabilità	Fattore di correzione
A1	Permeabilità bassa	1.25
A2	Permeabilità bassa	1.25
A3	Permeabilità bassa	1.25
A4	Permeabilità moderata	1
A5	Permeabilità alta	0.8
A6	Permeabilità alta	0.8
A7	Permeabilità bassa	1.25
B1	Permeabilità moderata	1.00
B2	Permeabilità moderata	1.00
B3	Permeabilità alta	0.8
B4	Permeabilità alta	0.8
B5	Permeabilità bassa	1.25
C1	Permeabilità moderata	1.00
C2	Permeabilità moderata	1.00
C3	Permeabilità alta	0.8
C4	Permeabilità alta	0.8
C5	Permeabilità bassa	1.25
D1	Permeabilità moderata	1.00
D2	Permeabilità moderata	1.00
D3	Permeabilità alta	0.8
D4	Permeabilità alta	0.8
D5	Permeabilità bassa	1.25
E1	Permeabilità bassa	1.25
E2	Permeabilità bassa	1.25
E3	Permeabilità bassa	1.25
F1	Permeabilità bassa	1.25

Tabella 14 - Tipologie di suolo (da carta pedologica regionale) e relativo fattore di correzione.

2.2.2.1 Carico effettivo diffuso da zootecnia

Per la valutazione del carico effettivo di origine zootecnica, si considera che una percentuale del carico potenziale generato dal comparto zootecnico, raggiunga i corpi idrici superficiali.

Le percentuali base (coefficienti di sversamento) utilizzate sono quelle indicate nel SP 2.1, ovvero:

- 17% del carico potenziale di N;
- 3% del carico potenziale di P;
- 1% del carico potenziale di BOD_5;
- 2,5% del carico potenziale di COD.

Al valore di carico così ottenuto sono applicati i fattori di calcolo di cui alla tabella 13, giungendo alla stima di carico effettivo sversato dal comparto zootecnico relativo ad ogni comune.

2.2.2.2 Carico effettivo diffuso da agricoltura

Per la valutazione del carico effettivo diffuso da origine agricola, si considera che una percentuale del carico potenziale generato dal comparto agricolo, come precedentemente calcolato, raggiunga i corpi idrici superficiali.

Come per il calcolo del carico effettivo da zootecnia, anche il carico effettivo diffuso derivante dal comparto agricolo è calcolato sulla base dei valori percentuali (coefficienti di sversamento) desunti dal SP 2.1 e di seguito riportati:

- 20% del carico potenziale generato dai fertilizzanti inorganici a base di azoto inorganico;
- 3% del carico potenziale generato dai fertilizzanti inorganici a base di fosforo.

Ai valori di carico così ottenuti sono applicati i fattori di correzione che tengono conto delle caratteristiche dell'area su cui si effettua il calcolo riportati nella tabella 13.

2.2.2.3 Carico effettivo diffuso da apporto meteorico

I carichi effettivi derivanti dalle precipitazioni atmosferiche e dal dilavamento delle superfici rurali sono stati valutati in relazione ad azoto e fosforo.

Per il calcolo del carico meteorico verso le acque superficiali sono stati adottati i seguenti valori di apporto effettivo, indicati nel SP 2.1, ovvero:

- 0,2 kg P per ettaro all'anno
- 4,5 kg N per ettaro all'anno

La superficie utilizzata per i calcoli corrisponde alla superficie comunale non urbanizzata.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 15 e 16 aggraegati rispettivamente per provincia e per area idrografica.

Provincia	Carichi effettivi diffusi alle acque superficiali - Aree non di pianura									
	Zootecnia				Agricoltura		Apporto meteorico		TOTALE	
	N (t/anno)	P (t/anno)	BOD5 (t/anno)	COD (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)
TORINO	349.0	25.9	111.8	601.7	175.8	7.0	2111.4	93.8	2636.2	126.7
VERCELLI	33.6	2.1	12.1	65.3	8.4	0.4	553.8	24.6	595.9	27.1
NOVARA	29.9	2.2	9.1	49.1	23.3	0.8	120.3	5.3	173.5	8.4
CUNEO	486.9	39.2	183.9	990.1	427.5	19.7	2175.4	96.7	3089.8	155.6
ASTI	192.4	18.9	71.8	389.9	293.5	13.3	269.9	12.0	755.8	44.2
ALESSANDRIA	83.3	6.7	29.5	158.9	201.4	9.4	650.3	28.9	935.0	45.0
BIELLA	79.7	5.5	25.4	136.7	25.1	1.2	327.3	14.5	432.1	21.2
VERBANIA-CUSIO-OSSOLA	97.9	6.1	35.3	189.9	40.9	1.9	1510.5	67.1	1649.3	75.2
TOTALI	1353	107	479	2582	1196	54	7719	343	10268	503

Tabella 15 - Carichi effettivi di nutrienti da fonti diffuse - aree non di pianura - aggregati per provincia.

Nome Bacino	Carichi effettivi diffusi alle acque superficiali - Aree non di pianura									
	Zootecnia				Agricoltura		Apporto meteorico		TOTALI	
	N (t/anno)	P (t/anno)	BOD5 (t/anno)	COD (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)	N (t/anno)	P (t/anno)
AGOGNA	11.7	0.8	3.9	20.8	4.3	0.2	42.5	1.9	58.6	2.9
ALTO PO	41.1	3.2	13.9	74.5	7.4	0.4	100.1	4.5	148.7	8.0
ALTO SESIA	40.7	2.6	14.7	79.0	7.7	0.4	623.3	27.7	671.8	30.7
ALTO TANARO	181.1	14.2	69.9	375.8	170.3	7.3	684.4	30.4	1035.8	51.9
BANNA	42.6	3.5	17.5	94.1	86.5	2.8	78.1	3.5	207.2	9.8
BELBO	51.7	4.8	20.3	109.7	115.6	6.6	147.6	6.6	314.8	18.0
BORBORE	46.0	3.9	20.0	107.6	73.3	2.8	71.2	3.2	190.5	9.8
BASSO BORMIDA	15.1	1.2	5.2	27.9	42.3	2.4	114.8	5.1	172.3	8.7
BORMIDA DI MILLESIMO	47.4	4.1	17.8	96.2	79.1	3.5	132.1	5.9	258.6	13.4
BORMIDA DI SPIGNO	18.7	1.5	7.0	37.7	33.8	1.5	50.4	2.2	102.9	5.3
CERVO	74.4	5.2	23.4	125.6	21.5	1.0	247.5	11.0	343.3	17.2
CHISOLA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CHISONE	19.7	1.4	6.2	33.3	19.4	1.0	316.2	14.1	355.4	16.5
CURONE	4.0	0.3	1.4	7.6	8.1	0.6	51.0	2.3	63.1	3.2
DORA BALTEA	54.7	3.8	17.0	91.2	19.2	1.0	164.5	7.3	238.4	12.0
DORA RIPARIA	69.9	4.9	21.7	116.8	17.9	0.8	501.9	22.3	589.7	28.0
GESSO	11.1	0.8	4.1	21.8	10.3	0.6	198.5	8.8	220.0	10.1
GRANA MELLEA	15.8	1.2	6.0	32.5	1.9	0.1	67.3	3.0	84.9	4.2
MAIRA	41.9	3.1	12.4	66.7	6.5	0.3	253.5	11.3	301.9	14.7
MALONE	21.8	2.4	5.1	27.6	13.2	0.2	22.2	1.0	57.2	3.6
ORBA	18.8	1.6	6.4	34.6	26.9	1.3	170.9	7.6	216.6	10.5
ORCO	29.4	2.0	8.9	47.6	10.8	0.6	399.0	17.7	439.2	20.3
PELLICE	39.3	2.9	15.5	83.6	7.7	0.4	139.6	6.2	186.6	9.5
BASSO PO	48.4	4.1	19.5	105.1	110.7	4.0	118.3	5.3	277.4	13.3
SANGONE	24.0	1.7	6.9	37.0	10.6	0.4	82.0	3.6	116.6	5.7
SCRIVIA	20.7	1.6	7.2	38.8	33.5	1.9	221.9	9.9	276.1	13.4
BASSO SESIA	0.4	0.0	0.1	0.6	0.2	0.0	11.7	0.5	12.4	0.6
STURA DI DEMONTE	40.9	3.2	15.2	82.0	24.9	1.4	344.4	15.3	410.2	19.9
STURA DI LANZO	41.6	2.9	11.5	62.1	6.0	0.3	410.1	18.2	457.7	21.4
BASSO TANARO	133.8	14.2	48.3	263.2	156.9	6.8	134.3	6.0	425.0	26.9
TERDOPPIO	1.8	0.2	0.1	0.5	5.9	0.2	8.8	0.4	16.5	0.8
TICINO	37.6	2.4	14.2	76.6	20.3	0.7	462.8	20.6	520.7	23.7
TOCE	76.7	5.0	26.2	141.1	33.7	1.7	1116.7	49.6	1227.0	56.3
VARAITA	29.6	2.2	11.5	62.1	9.8	0.5	231.3	10.3	270.7	13.1
TOTALI	1353	107	479	2582	1196	54	7719	343	10268	503

Tabella 16 - Carichi effettivi di nutrienti da fonti diffuse - aree non di pianura - aggregati per area idrografica.

2.2.3 Sintesi dei carichi effettivi di origine diffusa

Nelle tabelle 17 e 18 sono riportate le sintesi dei risultati della stima dei carichi effettivi di origine diffusa, aggregati rispettivamente per provincia e per area idrografica.

Provincia	Carico effettivo diffuso - ACQUE SUPERFICIALI							
	N pianura metodo run-off (t/anno)	N collina metodo AdbPo (t/anno)	N TOTALI	P pianura metodo run-off (t/anno)	P collina metodo AdbPo (t/anno)	P TOTALI	BOD5 da zootecnia (t/anno)	COD da zootecnia (t/anno)
TORINO	2798.4	2636.2	5434.6	393.5	126.7	520.2	711.6	3829.4
VERCELLI	1294.4	595.9	1890.3	184.3	27.1	211.4	55.3	297.9
NOVARA	976.4	173.5	1149.9	137.0	8.4	145.4	113.1	608.8
CUNEO	3646.3	3089.8	6736.1	517.1	155.6	672.7	1478.9	7956.4
ASTI	872.6	755.8	1628.5	123.1	44.2	167.3	158.9	858.7
ALESSANDRIA	2190.4	935.0	3125.3	309.9	45.0	354.9	148.9	800.9
BIELLA	465.7	432.1	897.8	65.4	21.2	86.6	69.8	375.2
VERBANIA-CUSIO-OSSOLA	0.0	1649.3	1649.3	0.0	75.2	75.2	35.3	189.9
TOTALI	12244	10268	22512	1730	503	2234	2772	14917

Tabella 17 - Carichi effettivi di nutrienti da fonti diffuse aggregati per provincia.

Nome Bacino	Carico effettivo diffuso - ACQUE SUPERFICIALI							
	N pianura metodo run-off (t/anno)	N collina metodo AdbPo (t/anno)	N TOTALI	P pianura metodo run-off (t/anno)	P collina metodo AdbPo (t/anno)	P TOTALI	BOD5 da zootecnia (t/anno) TOTALE	COD da zootecnia (t/anno) TOTALE
AGOGNA	503.4	58.6	561.9	70.6	2.9	73.5	68.7	369.5
ALTO PO	851.4	148.7	1000.1	121.1	8.0	129.1	300.0	1613.3
ALTO SESIA	0.0	671.8	671.8	0.0	30.7	30.7	14.7	79.0
ALTO TANARO	1096.9	1035.8	2132.6	156.0	51.9	207.9	370.8	1994.9
BANNA	418.1	207.2	625.2	59.5	9.8	69.2	182.0	979.2
BELBO	78.1	314.8	392.9	11.0	18.0	29.1	25.5	138.0
BORBORE	215.9	190.5	406.4	30.4	9.8	40.2	52.8	284.0
BASSO BORMIDA	507.5	172.3	679.8	72.0	8.7	80.7	48.9	262.8
BORMIDA DI MILLESIMO	0.0	258.6	258.6	0.0	13.4	13.4	17.8	96.2
BORMIDA DI SPIGNO	0.0	102.9	102.9	0.0	5.3	5.3	7.0	37.7
CERVO	752.9	343.3	1096.3	106.2	17.2	123.4	70.3	377.8
CHISOLA	491.1	0.0	491.1	69.4	0.0	69.4	147.1	791.2
CHISONE	5.2	355.4	360.6	0.7	16.5	17.3	9.7	52.3
CURONE	120.6	63.1	183.7	17.0	3.2	20.2	3.4	18.3
DORA BALTEA	354.3	238.4	592.7	49.7	12.0	61.7	43.1	232.1
DORA RIPARIA	148.9	589.7	738.5	20.7	28.0	48.8	36.9	198.4
GESSO	188.0	220.0	408.0	25.6	10.1	35.8	10.0	54.0
GRANA MELLEA	288.4	84.9	373.4	41.0	4.2	45.3	195.4	1051.3
MAIRA	469.3	301.9	771.2	66.7	14.7	81.4	267.1	1436.3
MALONE	291.7	57.2	348.9	40.7	3.6	44.3	47.7	256.6
ORBA	189.0	216.6	405.6	26.5	10.5	37.0	11.1	59.8
ORCO	245.1	439.2	684.3	34.6	20.3	54.9	39.6	213.4
PELLICE	97.1	186.6	283.7	13.7	9.5	23.2	34.0	183.1
BASSO PO	1604.6	277.4	1882.0	227.1	13.3	240.4	221.9	1194.1
SANGONE	74.9	116.6	191.4	10.6	5.7	16.3	26.4	141.9
SCRIVIA	320.4	276.1	596.6	45.3	13.4	58.7	24.8	133.4
BASSO SESIA	944.3	12.4	956.7	134.1	0.6	134.7	36.3	195.9
STURA DI DEMONTE	364.9	410.2	775.1	51.7	19.9	71.6	185.8	998.9
STURA DI LANZO	199.6	457.7	657.3	27.4	21.4	48.8	37.3	201.2
BASSO TANARO	995.4	425.0	1420.4	140.5	26.9	167.4	110.3	597.1
TERDOPPIO	101.2	16.5	117.8	14.3	0.8	15.1	8.0	43.3
TICINO	222.0	520.7	742.8	31.1	23.7	54.8	31.7	170.8
TOCE	0.0	1227.0	1227.0	0.0	56.3	56.3	26.2	141.1
VARAITA	103.9	270.7	374.5	14.9	13.1	27.9	59.6	320.4
TOTALI	12244	10268	22512	1730	503	2234	2772	14917

Tabella 18 - Carichi effettivi di nutrienti da fonti diffuse aggregati per area idrografica.

2.3 Carichi effettivi di origine diffusa alle acque sotterranee

2.3.1 Introduzione

L'inquinamento da fonti diffuse e puntuali assume un ruolo rilevante nella contaminazione delle acque sotterranee, la cui protezione è oggetto di diverse Direttive europee, anche recenti.

L'impatto maggiore sulla qualità delle acque sotterranee è dato dall'Azoto che per le sue caratteristiche chimico-fisiche è solubile e idrotrasportato; nel presente studio sono state considerate le porzioni di territorio ricomprese nel "sistema idrogeologico di pianura " della Regione Piemonte, ove sono presenti "corpi idrici sotterranei significativi".

Il D.Lgs. 152/99 e la proposta di direttiva europea non prevedono la determinazione del Fosforo nel monitoraggio delle acque sotterranee in quanto elemento che tende legarsi alle particelle di terreno; il suolo agendo come filtro dell'acqua di percolazione intercetta la maggior parte della frazione lisciviabile.

A questo proposito l'Amministrazione regionale condividendo l'impostazione dell'Università di Torino nell'ambito del progetto europeo "DeSPRAL" volta ad identificare le linee guida per la valutazione dei carichi di fosforo persi dal suolo, si riserva di ricalcolare i carichi effettivi alla luce di una metodologia di calcolo meglio rispondente alla realtà, obiettivo del progetto di ricerca "Perdite di fosforo nelle sue varie forme e impatto dei sistemi agricoli sulla qualità delle acque di superficie", di cui alla delibera CIPE 36/2002.

Si assume che l'inquinamento di origine organica (BOD5 e COD), per l'azione di filtro del terreno, non raggiunga le acque sotterranee.

Per continuità metodologica le stime di perdita di Azoto per lisciviazione sono state effettuate sulla base delle indicazioni della metodologia già adottata per la determinazione dei carichi effettivi sversati nei corpi idrici superficiali (AdBPo, SP2.1); in particolare si applicano ai carichi potenziali, calcolati come descritto al paragrafo 2.1, opportuni coefficienti di lisciviazione che tengono conto della tipologia della fonte di pressione, ed un fattore di correzione associato alle caratteristiche di permeabilità del suolo ed alle precipitazioni (ENEA, Progetto Regi Lagni).

I fattori di correzione, indicati nel SP2.1 dell'Autorità di Bacino del F.Po, considerano l'altezza di pioggia media annuale e la permeabilità media dello strato insaturo.

Come in SP 2.1, ciascuno di questi fattori è stato distinto in tre classi: bassa, media e alta; le caratteristiche delle 2 classi nonché i rispettivi fattori di correzione vengono riportati in tabella 19.

Precipitazione media annua	Fattore di calcolo	Permeabilità dello strato insaturo	Fattore di calcolo
<800 mm	0,6	Alta	1.35
800-1200 mm	1	Moderata	1
>1200 mm	1,5	Bassa	0.8

Tabella 19 - Fattori di calcolo per la determinazione del carico effettivo (fonte AdBPo, ENEA)

Il valore di precipitazione media è stato ricavato dalle elaborazioni sulle precipitazioni in Piemonte su lungo periodo (1951-1991) condotte in fase I del progetto PTA ("Caratterizzazione idrologica", Rapporto Tecnico I.b/1); per quanto riguarda il fattore di permeabilità, è stata presa come base dati la carta pedologica regionale, e sono stati assegnati valori di permeabilità media, bassa, alta alle varie tipologie di suolo ("Carta dei Suoli - 1:250.000" I° elaborato intermedio, settembre 2002, elaborata da IPLA per incarico della Direzione Regionale 12 - Sviluppo dell'Agricoltura della Regione Piemonte nell'ambito del Programma Interregionale cofinanziato "Agricoltura e qualità - misura 5").

I coefficienti di lisciviazione sono stati distinti sulla base della fonte di origine della pressione.

2.3.2 Fonte di pressione di origine agricola, zootecnica e meteorica

La stima dell'apporto alle acque sotterraneee di Azoto da fertilizzazione minerale è stata ottenuta applicando al carico potenziale una percentuale di lisciviazione del 20%; tenendo presente le problematiche relative alla resa dei fertilizzanti, che richiederanno ulteriori approfondimenti.

Tali valori sono in accordo con i range di variazione ottenuti nell'ambito di ricerche eseguite dall'Università degli Studi di Torino - Dipartimento AgroSelviTer, con una serie di sperimentazioni che prendono in considerazione suoli e tecniche agronomiche differenti, a differenti livelli di fertilizzazione e considerando differenti tipi di fertilizzanti. Essi sono stimati a profondità prossime a 2 metri.

Per il contributo dell'Azoto riferibile alla zootecnia e all' apporto meteorico si è utilizzata una percentuale di lisciviazione del 25%.

2.3.3 Fonte di pressione di origine civile

Al carico di Azoto gravante sui corpi idrici sotterranei contribuisce anche il carico di origine civile per le seguenti componenti:

- scarichi domestici con recapito su suolo;
- acque reflue urbane con recapito su suolo;

- scarichi meteorici di dilavamento urbano associato al lavaggio operato dalle prime piogge aventi recapito sul suolo;
- dispersioni delle reti fognarie.

Al carico generato dagli scarichi domestici, dalle acque reflue urbane e dalle acque meteoriche di prima pioggia, è stata applicata una percentuale di lisciviazione del 30%.

Le dispersioni fognarie sono state considerate interamente contribuenti al carico di Azoto veicolato verso la zona satura.

Nome Bacino	Carichi effettivi diffusi di N - ACQUE SOTTERRANEE - PIANURA				
	Zootecnia	Fertilizzazione minerale	Apporto meterorico	Origine civile	TOTALI
	N (t/anno)	N (t/anno)	N (t/anno)	N (t/anno)	N (t/anno)
AGOGNA	301.8	947.3	371.7	24.5	1645
ALTO PO	1044.3	952.3	365.2	12.0	2374
ALTO SESIA	0.0	0.0	0.0	0.0	0
ALTO TANARO	1033.8	689.5	415.7	13.6	2153
BANNA	356.9	476.4	197.0	12.2	1043
BELBO	9.1	27.5	30.6	2.9	70
BORBORE	72.9	130.7	105.6	6.6	316
BASSO BORMIDA	121.7	548.9	244.2	18.4	933
BORMIDA DI MILLESIMO	0.0	0.0	0.0	0.0	0
BORMIDA DI SPIGNO	0.0	0.0	0.0	0.0	0
CERVO	159.0	667.2	370.6	30.7	1228
CHISOLA	538.0	625.2	261.3	28.3	1453
CHISONE	17.7	8.1	4.3	2.5	33
CURONE	4.5	67.5	48.4	2.2	123
DORA BALTEA	98.8	510.0	205.0	20.6	834
DORA RIPARIA	67.4	74.5	83.9	15.9	242
GESSO	20.6	12.3	137.5	2.2	173
GRANA MELLEA	726.5	379.6	161.9	6.2	1274
MAIRA	763.7	652.2	233.5	10.1	1660
MALONE	149.5	243.2	157.9	9.8	560
ORBA	11.9	99.4	91.3	5.1	208
ORCO	139.1	266.5	131.3	11.9	549
PELLICE	78.7	76.3	44.5	2.1	202
BASSO PO	690.7	2326.1	788.1	86.8	3892
SANGONE	59.3	92.2	41.8	17.9	211
SCRIVIA	36.3	295.0	138.3	9.5	479
BASSO SESIA	178.5	2090.5	529.9	22.0	2821
STURA DI DEMONTE	735.4	432.3	236.3	13.9	1418
STURA DI LANZO	145.7	101.8	155.8	12.3	416
BASSO TANARO	134.8	797.3	473.2	40.3	1446
TERDOPPIO	36.1	142.8	61.7	2.6	243
TICINO	102.8	344.0	189.6	14.0	650
TOCE	0.0	0.0	0.0	0.2	0
VARAITA	158.2	281.0	56.2	1.8	497
TOTALI	7994	14358	6332	459	29143

Tabella 20 -Tabella riepilogativa del carico totale di Azoto alle acque sotterranee per aree idrografiche.

Il carico effettivo totale di Azoto lisciviato si ottiene sommando l'Azoto generato dal comparto, agricolo, zootecnico, meteorico e civile come riepilogato nella tabella 20 riferita alle aree idrografiche di appartenenza.

3. ANALISI DELLE DISPERSIONI DELLE RETI FOGNARIE

Le perdite delle reti fognarie sono considerate fonti di inquinamento diffuso e incontrollato in alcune aree particolari del territorio regionale, ma non esiste alcun dato di monitoraggio specifico, né particolari indicazioni di letteratura, che permettano di stimare correttamente tale fenomeno.

Per il calcolo delle dispersioni delle reti fognarie si è ipotizzato, quindi, che le perdite dalle reti fognarie costituiscano, per tutti gli inquinanti, il 3% del carico convogliato, che corrisponde circa al 10% del volume complessivo veicolato (di tale percentuale va di conseguenza tenuto conto - in detrazione - nella stima dei carichi puntuali convogliati alle sezioni delle aste fluviali delle corrispondenti fognature).

Si ammette che le perdite delle reti fognarie contribuiscano al carico diffuso dei corpi idrici sotterranei solamente con riferimento all'azoto.

Per quanto riguarda il fosforo e l'inquinamento organico (BOD5 e COD) si ipotizza che esso si disperda completamente nel sottosuolo, senza intercettare il reticolo sotterraneo.

Le ipotesi sopra enunciate sono state inserite nella metodologia di calcolo utilizzata per la valutazione dei carichi effettivi complessivi: carichi civili, carichi industriali e carichi per dilavamento meteorico superficiale

I carichi effettivi da fonte puntuale sopracitati sono stati calcolati secondo la metodologia descritta nel rapporto tecnico delle attività di III fase - III.m/1 "Analisi del sistema degli scarichi", cui si rimanda direttamente.

4. APPLICAZIONE DI MODELLISTICA NUMERICA IN AREE-CAMPIONE

4.1 Generalità

Con la finalità di fornire elementi di supporto relativi alla stima dei carichi effettivi di azoto alle acque sotterranee, e riferire le successive valutazioni di scenario a strumenti di relazione tra pressioni e impatti, il ricorso alle applicazioni sperimentali di modellistica numerica consente un' analisi quantitativa dei meccanismi di percolazione dei nitrati nel sottosuolo, in contesti ambientali

caratteristici del territorio regionale piemontese, differenziati per tipologie e tecniche colturali, consistenza del patrimonio zootecnico, regime pluviometrico e assetto pedologico-stratigrafico.

Con queste premesse, sono state selezionate 2 aree ritenute particolarmente rappresentative, tra quelle perimetrate a grado di vulnerazione alto (LV1) e medio-alto (LV2):

- l'area-campione del fossanese
- l'area-campione della media pianura alessandrina.

L'approccio metodologico di parametrizzazione agro-zootecnica e individuazione geografica di queste aree è stato oggetto di condivisione con il Dipartimento AGRO.SELVI.TER da parte del R.T.I. incaricato per la redazione degli Studi di Piano, al fine di valorizzare opportunamente i contenuti informativi delle ricerche in campo e dei dati acquisiti dall'Università di Torino in materia di caratterizzazione dei carichi di azoto.

Le applicazioni sperimentali di modellistica numerica si avvalgono del modello di flusso e trasporto di nutrienti nella zona insatura DAISY, implementato dal DHI - Danish Hydraulic Institute (DK).

La localizzazione delle aree-campione nel contesto regionale viene riportata nella figura seguente.

Le dimensioni indicative delle aree-campione risultano:

- area campione fossanese: 260 km^2
- area campione alessandrina: 108 km^2

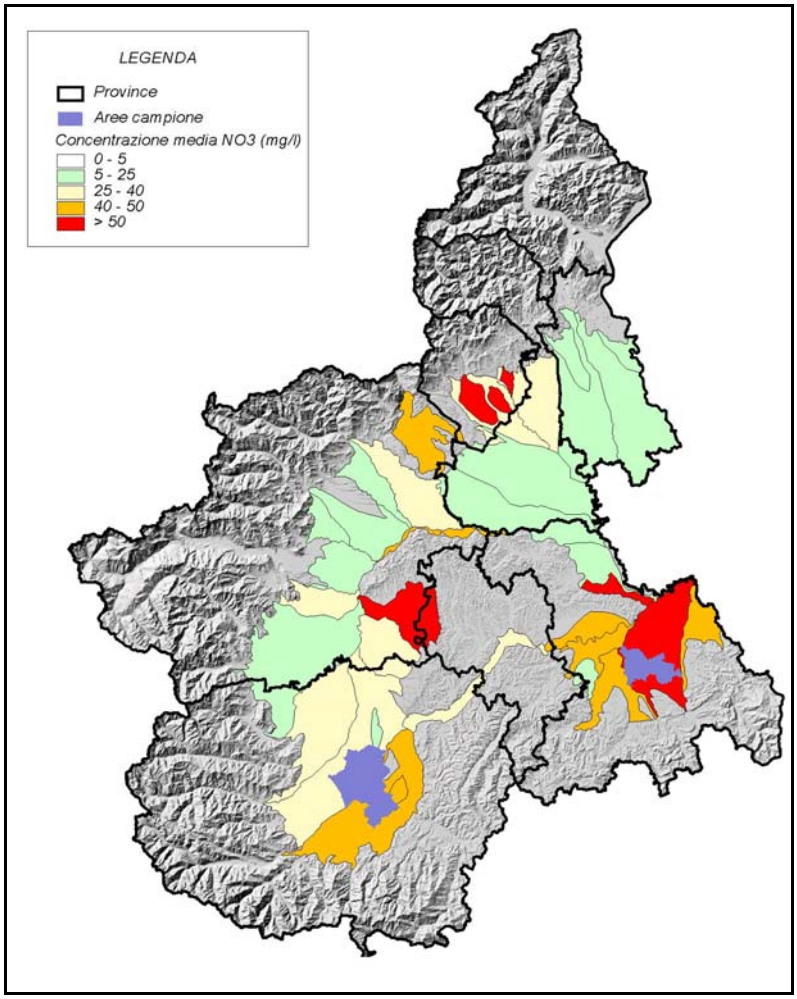


Figura 13 - Localizzazione delle aree-campione nel contesto delle zone vulnerabili da nitrati.

4.2 Caratterizzazione agronomica delle aree-campione

Nel presente paragrafo viene fornito un inquadramento delle caratteristiche agricole delle aree-campione, riferendosi alla Carta dei paesaggi agricoli e forestali del Piemonte e sottolineando la consistenza e tipologia del patrimonio zootecnico in ciascuna di esse.

1) AREA AGRICOLA OMOGENEA: FOSSANESE

Comuni: Fossano, Magliano Alpi, Rocca dé Baldi, Sant'Albano Stura, Trinità, Genola.

Si tratta di un vasto comprensorio agricolo (totale S.A.U. + superficie investita a pioppeto = 22.883 ha) in cui secondo la Carta dei paesaggi agricoli e forestali del Piemonte (IPLA, REGIONE PIEMONTE, 1993) si individuano le seguenti "sovraunità di paesaggio":

	SISTEMA (B)	SOTTOSISTEMA (I)	SOVRAUNITA'
BI2	Alta Pianura	Cuneese	(2) Ambienti agrari
BI4			(4) Ambienti agrari
BI7			(7) Ambienti agrari
BI8			(8) Ambienti agrari
FI3	Terrazzi alluvionali antichi	Pianalti del Cuneese e del Pinerolese	(3) Ambienti agrari

Tabella 21 - Unità di paesaggio nell'area-campione del fossanese.

Come si desume dalla tabella, n.4 delle Sovraunità di paesaggio individuabili afferiscono al Sottosistema I del sistema B; di cui di seguito si riporta "l'interpretazione" fornita dalla "legenda" della carta citata.

COLTIVAZIONI INTENSIVE A CEREALI E PRATI IN UN DISEGNO DI CAMPI RITAGLIATI E SOLCATI DA UNA RETE MINUZIOSA DI ROGGE E DI FOSSI CON MAGLIE SOVENTE SOTTOLINEATE DA ALBERATURE IN FILARE; NEL CUORE DELLA PIANURA TRACCE DELL'ORGANIZZAZIONE AGRARIA ROMANA (CENTURIAZIONE), TALORA ANCORA SOLIDALE ALLA DISPOSIZIONE DI CAMPI E AGLI ASSI VIARI; UN PIÙ ARCAICO E MINUTO TESSUTO COLTURALE SI DISTRIBUISCE IN UN'AMPIA FASCIA AL PIEDE DEI RILIEVI. DIFFUSO INSEDIAMENTO UMANO CON CASE RURALI SPARSE.

Seguono le descrizioni delle Sovraunità coinvolte:

BI2: *Superfici piane, depresse, un tempo anche acquitrini in antichi alvei fluviali o in aree fluvio-palustri, la secolare praticoltura stabile è oggi in parte sostituita dal mais.*

BI4: *Le geometrie dei campi riflettono antichi criteri di dimensionamento secondo l'area lavorabile in una giornata. L'indirizzo agronomico è prevalentemente zootecnico con largo spazio alle foraggere. il prato stabile domina ancora nelle aree più depresse. I poderi, mai di grandi dimensioni, conservano il respiro di un mondo contadino apparentemente stabile nel tempo.*

BI7: *Terre ghiaiose, un tempo assai povere, oggi rivitalizzate da una disponibilità d'acqua che esalta la coltura delle leguminose. Brevi gli spazi visivi per il frapporsi di fitti e caratteristici sostegni in canna del fagiolo. Dimore sparse in piccoli poderi e un esteso part-time.*

BI8: *Tra scarpate di raccordo l'agricoltura occupa i ripiani modellati dal torrente; forme stadiali gradualmente abbandonate dalle acque nel loro lento ma costante approfondirsi per raggiungere l'attuale percorso.*

Una porzione dei territori comunali di Trinità e Magliano Alpi è invece attribuita al Sottosistema FI e alla Sovranità 3, di cui si forniscono di seguito rispettivamente l'interpretazione e la descrizione.

Sottosistema FI:

SUPERFICI RESIDUALI DEBOLMENTE ONDULATE SOSPESE SUL RETICOLO IDROGRAFICO ATTUALE E RACCORDATE ALLE PIANURE CIRCOSTANTI DA NUMEROSE SCARPATE CHE SCANDISCONO UNA REGOLARE SUCCESSIONE DI RIPIANI E TERRAZZI. SONO INTERESSATE DA UNA MODESTA CEREALICOLTURA E UNA PRATICOLTURA ASCIUTTE, INTERROTTE DA COLTURE LEGNOSE LUNGO LE SCARPATE MEGLIO ESPOSTE. ESTESE FORMAZIONI FORESTALI CARATTERIZZANO LE SCARPATE ESPOSTE A NORD. LE SUPERFICI INFERIORI, IRRIGUE, HANNO SEMBIANZE DI ANTICHI PERCORSI O VARCHI FLUVIALI POI ABBANDONATI E OCCUPATI DA VASTI ACQUITRINI, IN SEGUITO BONIFICATI; VI PREVALE LA PRATICOLTURA CHE HA FAVORITO UNA BUONA ATTIVITÀ ZOOTECNICA.

I dati aggregati relativi alla distribuzione delle colture nell'ambito dell'area omogenea provenienti dall'ultimo Censimento generale dell'agricoltura, confermano le descrizioni citate infatti i cereali occupano quasi metà della S.A.U. (48,4%).

Nell'ambito della cerealicoltura il mais da granella supera la metà delle superfici investite e da solo raggiunge il 27% della S.A.U. Un ruolo decisivo assume poi il mais da trinciato integrale nelle aziende zootecniche dove raggiunge il 20% delle superfici coltivate e superando così il 12% sull'insieme del territorio considerato.

Ma vi sono due aspetti caratterizzanti a livello regionale questa porzione di territorio, rispetto ad altre aree ad agricoltura intensiva in ambiti planiziali:

- la rilevanza delle foraggere permanenti (l'insieme delle superfici censite come prati permanenti e pascoli assomma a 5.327 ha pari a quasi il 24% della S.A.U.;
- un certo grado di diversificazione degli ordinamenti colturali con la significativa presenza della coltivazione del fagiolo (258 ha in prevalenza concentrati nella zona sud-occidentale di Fossano verso Centallo) e della frutticoltura (608 ha pari al 2,7% della S.A.U.)

Anche le attività zootecniche risultano intensive e diversificate e si esprimono nella presenza, in termini di quintali di peso vivo, di:

Specie e categoria	di peso vivo (q)
Vacche da latte	62.763
Altri bovini	153.591
Suini	82.842
Avicoli	17.868

Il fenomeno si traduce in una rilevante disponibilità di concimi organici sotto forma di letame e di liquame, pollina.

Per quanto concerne la capacità d'uso dei suoli gran parte del territorio è ascrivibile alle classi 1° (suoli privi di limitazioni) e 2° (suoli con alcune modeste limitazioni). Solo le porzioni afferenti al sottosistema FI sono riconducibili alla classe 3° (suoli con alcune limitazioni che riducono la scelta e le produzioni delle colture).

Il grado di infrastrutturazione agricola (viabilità minore, rete irrigua) è capillare e sostanzialmente adeguato rispetto alle esigenze aziendali; ciò che vale anche per i servizi (centri di commercializzazione dei fattori produttivi, centri si stoccaggio e commercializzazione dei prodotti agricoli, centri di assistenza, ecc.).

I livelli produttivi medi sia per quanto concerne le coltivazioni sia per le produzioni animali, in rapporto al contesto regionale, si possono considerare da buoni ad elevati.

2) AREA AGRICOLA OMOGENEA: ALESSANDRINO

Comuni: Bosco Marengo, Frugarolo, Pozzolo Formigaro.

Area omogenea la cui S.A.U. totale raggiunge gli 8.033. ha.

Secondo la Carta dei paesaggi agricoli e forestali del Piemonte (IPLA, REGIONE PIEMONTE, 1993) si individuano le seguenti "sovraunità di paesaggio":

	SISTEMA	SOTTOSISTEMA	SOVRAUNITA'
AII2	Rete fluviale principale	(II) Principali tributari del Po e del Tanaro	(2) Ambienti fluviali
AIV9		(IV) Alto corso piano del Po, del Tanaro e suoi affluenti	(9) Ambienti fluviali ed agrari
EI1	Bassa Pianura	(I) Alessandrino	(1) Ambienti agrari
EI2			(2) Ambienti agrari
EI3			(3) Ambienti agrari

Tabella 22 - Unità di paesaggio nell'area-campione dell'alessandrino.

Come si desume dalla tabella, n.2 delle Sovraunità di paesaggio afferiscono al Sistema A e tre al sistema E.

Di seguito si forniscono le "interpretazioni" dei Sottosistemi e delle Sovraunità fornite dalla "legenda" della Carta citata (si trascura la descrizione dei due sottosistemi afferenti al sistema della rete fluviale principale in quanto meno utili ai fini della interpretazione dello spazio rurale).

Sovraunità AII2
Aree frequentemente inondabili caratterizzate da greti nudi, ghiaiosi, e da lanche, mortizze e canali secondari di deflusso, attivi nelle piene; boscaglie di ripa (salici, ontani) e/o radure a magre cotiche pioniere, si alternano a lato dei rami fluviali mentre i pioppeti si insediano in parti più discoste dal fiume.

Sovraunità AIV9
Percorso monocursale di acque tendenzialmente limpide, per lo più rettilineo, tra modeste e sporadiche lingue di nudi di greti con passaggio ad aree spondali occupate da colture in rotazione o prevalentemente dal pioppo nel suo tratto terminale.

SOTTOSISTEMA EI

LA CEREALICOLTURA AUTUNNO-VERNINA DOMINA ED UNIFORMA VASTE AREE PIANEGGIANTI, ASSOLATE D'ESTATE, DA SEMPRE AFFLITTE DALLA MANCANZA D'ACQUA. L'INDIRIZZO COLTURALE ATTUALE DEFINISCE FORTI CONTRASTI CROMATICI IN STAGIONALI ALTERNANZE: ALLE SPICCATE TONALITÀ BRUCIATE DAI CALDI RIVERBERI ESTIVI, SI SOSTITUISCONO LUNGHI CAMPI VISUALI LIBERATI DALL'ARATURA NELL'AUTUNNO E NEL RIPOSO INVERNALE. SOLO DOVE LE POSSIBILITÀ IRRIGUE LO CONSENTONO RICOMPAIONO PIÙ FITTE ALBERATURE E BRUSCO È TALORA IL PASSAGGIO AD ALTRI, MINORITARI ASSETTI COLTURALI. TESSUTO AGRARIO DOMINATO PREVALENTEMENTE DA PICCOLI CAMPI CON PRESENZA INSEDIATIVA IN CENTRI MINORI.

SOVRAUNITÀ

EI1: *Superfici lievemente ondulate. Dominio della cerealicoltura in una maglia aziendale alquanto ampia con insediamento rurale anche sparso.*

EI2: *Le geometrie degli appezzamenti riflettono antichi criteri di dimensionare i campi secondo l'area lavorabile in una giornata. L'indirizzo agronomico è prevalentemente zootecnico con largo spazio alle foraggere. Il prato stabile domina ancora nelle aree più depresse a malsane. I poderi, mai di grandi dimensioni, conservano il respiro di un mondo contadino apparentemente stabile nel tempo.*

EI3: *La preponderante presenza del grano e gli effetti cromatici, dalla sua nascita fino alla maturazione, sono l'elemento che domina grandi estensioni di queste piane, un tempo anche vitate, dove i superstiti filari di gelsi ricordano la scomparsa bachicoltura e la seta. Insediamenti addensati in centri minori e in case sparse dalla tipica tipologia abitativa: la "trunera", costruita con l'impasto della rossa e ghiaiosa argilla dei campi essiccata all'aria.*

Anche in questo caso l'analisi dei dati aggregati dell'ultimo Censimento generale dell'agricoltura relativi alla distribuzione delle colture nell'ambito dell'area omogenea permette di ribadire sostanzialmente la diagnosi correlata alla Carta citata.

Il frumento occupa infatti da solo oltre il 40% della S.A.U.; mentre il mais da granella assume un ruolo decisamente più modesto rispetto a quanto si è detto per l'area omogenea del fossanese e rispetto alle altre aree di pianura ad agricoltura intensiva (18% della S.A.U.). A conferma del difficile adattamento della coltura alle condizioni ambientali di questa porzione del territorio si rileva anche il fatto che il mais da trinciato non risulta praticamente coltivato.

Le restanti superfici a seminativi sono abbastanza omogeneamente distribuite tra coltivazioni destinate all'industria ed in particolare: barbabietola (6,5%), girasole (7,8%), colza (4,3%) o alla foraggicoltura avvicendata (4,3% complessivamente tra medica e altri prati avvicendati); i prati permanenti superano di poco il 3% della S.A.U. Le altre colture non assumono un peso significativo nell'insieme degli ordinamenti colturali.

Per quanto concerne l'allevamento riveste un certo rilievo soltanto l'allevamento bovino da carne (circa 3.000 q di peso vivo), seguito dall'allevamento di bovine da latte (1.081 q di peso vivo); l'allevamento delle altre specie è del tutto trascurabile.

Per quanto concerne la capacità d'uso dei suoli gran parte del territorio è ascrivibile alle classe 2° (suoli con alcune modeste limitazioni). Solo i depositi alluvionali afferenti al sistema A sono riconducibili alla classe 1° (suoli privi di limitazioni); mentre una modesta frazione meridionale del territorio di Pozzolo Formigaro è attribuibile alla classe 3° (suoli con alcune limitazioni che riducono la scelta e le produzioni delle colture).

Il grado di infrastrutturazione viaria è adeguato rispetto alle esigenze aziendali; mentre consistenti superfici dell'area omogenea non risultano irrigabili. Adeguata viceversa appare la rete dei servizi.

I livelli produttivi medi delle colture caratterizzanti (frumento, barbabietola) sono elevati rispetto alle medie regionali. La carenza di disponibilità di acqua di irrigazione rende invece più aleatorie le produzioni delle colture più idroesigenti.

4.3 Criteri di parametrizzazione dei dati in ingresso al modello di simulazione

Vengono nel seguito descritte alcune caratteristiche funzionali generali del modello di simulazione utilizzato nelle 2 aree-campione.

Si tratta di un modello di simulazione agro-ecosistemico unidimensionale, deterministico e dinamico, originariamente sviluppato in Danimarca all'Accademia di Agricoltura e Veterinaria della Reale Università, ed è finalizzato ad analizzare la dinamica di flusso idrico e di nutrienti nel terreno e la produzione agricola in risposta alle pratiche di coltivazione; quantunque il codice di calcolo originario sia di tipo unidimensionale, può essere utilizzato in modo distribuito sul territorio, attraverso l'interfaccia con il sistema informativo geografico attraverso l'interfaccia con il software ArcView, del quale rappresenta un'estensione.

La definizione delle unità di calcolo elementari di DAISYGis nelle aree-campione deriva dall'intersezione (operata nel sistema informativo geografico suddetto) delle subzone omogenee definite previa:
- discretizzazione idrometeorologica del territorio in sottobacini;
- discretizzazione pedologica in classi di suolo aventi caratteristiche affini;
- discretizzazione dell'uso del suolo in unità omogenee per tipi insediativi/gestione agroforestale;
- discretizzazione delle "condizioni al contorno" inferiori (soggiacenza dell'acquifero).

Le relazioni tra gli elementi suddetti sono esemplificate nella figura seguente.

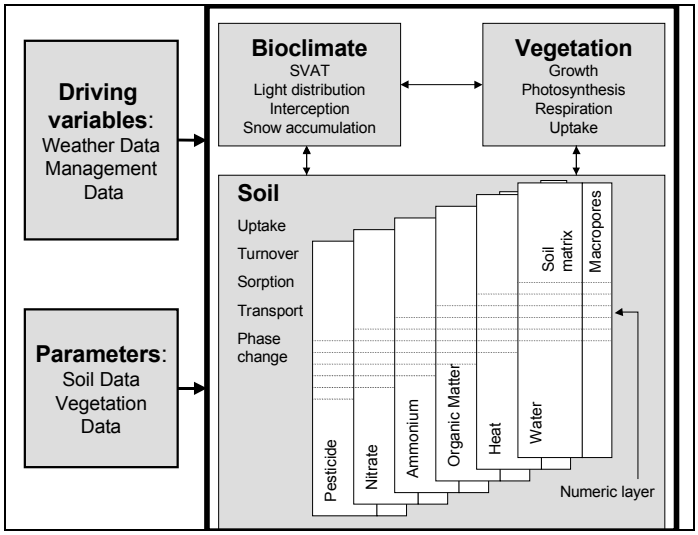


Figura 14 - Schema del modello di simulazione di flusso e trasporto nella zona insatura.

Vengono nel seguito descritti i criteri di discretizzazione adottati in ciascuna area-campione ai fini di esemplificarne i profili:

- climatico
- pedostratigrafico
- uso del suolo
- soggiacenza della falda acquifera.

Discretizzazione climatica

Le caratteristiche climatiche delle aree campione sono state dedotte dal modello di ricostruzione degli afflussi e del regime termometrico sviluppato contestualmente alle attività di II fase degli studi propedeutici alla redazione del PTA, orientate alla caratterizzazione del bilancio idrico delle macro-aree idrogeologiche[1].

Nella tabella seguente vengono riportati i codici dei bacini idrografici nei quali ricadono le aree-campione indagate.

Area campione	Bacini idrografici di riferimento
Fossanese	3022-Maira, 3004-Ricchiardo, 2007 e 2008-Stura di Demonte, 2016-Pesio, 2018-Tanaro
Alessandrino	2045-Orba, 2046-Bormida, 2047 e 2048-Tanaro, 7705 e 7007 - Scrivia

Tabella 23- Discretizzazione climatica delle aree-campione: bacini idrografici di riferimento.

Discretizzazione pedostratigrafica

[1] "Bilancio delle disponibilità idriche naturali e valutazione dell'incidenza dei prelievi", attività h, elaborato II.h/1, Rapporto tecnico

La parametrizzazione delle proprietà idrauliche dei suoli è stata eseguita a partire dai dati dati chimico fisici reperibili nel sito Internet:
http://www.regione.piemonte.it/agri/ita/agriservice/terreni/suoli/home.htm.

La parametrizzazione eseguita tiene conto delle seguenti macro-proprietà tessiturali e chimico-fisiche:

profondità degli orizzonti pedogenetici	contenuto in bicarbonato di calcio
reazione acida	contenuto in carbonio organico
percentuale di scheletro	contenuto in azoto
percentuale di sabbia grossolana	rapporto C/N
percentuale di sabbia fine	contenuto in sostanza organica
percentuale di sabbia molto fine	capacità di scambio cationico

Nella tabella seguente viene specificata la quantità di punti con dati chimico-fisici noti per ciascuna area-campione.

Area campione	Numero di punti con dati pedologici disponibili
Fossanese	34
Alessandrino	25

Tabella 24 - Discretizzazione pedologica delle aree-campione: consistenza dei dati di base.

I dati puntuali sono associati alle classificazioni pedologiche della copertura numerica denominata "Carta dei Suoli - 1:250.000", settembre 2002, elaborata da IPLA per incarico della Direzione Regionale 12 - Sviluppo dell'Agricoltura della Regione Piemonte nell'ambito del Programma Interregionale cofinanziato "Agricoltura e qualità - misura 5", ed è stata acquisita per le finalità del presente progetto, previa specifica autorizzazione della Direzione Regionale 24 - Pianificazione delle Risorse Idriche; in particolare, sono state utilizzate le descrizioni dei pedon rappresentativi, riportate nel volume "Unità Tipologiche di Suolo" annesso alla Carta dei Suoli suddetta, riferite generalmente all'intervallo di profondità compreso entro 2 metri dalla superficie topografica.

Per introdurre la parametrizzazione idraulica dei suoli, il modello di simulazione prevede l'inserimento delle caratteristiche della curva di ritenzione dell'umidità e della conducibilità idraulica non satura.

Questi elementi vengono ricavati mediante l'applicazione delle "pedotransfer functions", che utilizzano i parametri tessiturali noti dalle analisi dei terreni (percentuali delle diverse classi granulometriche, riferite a differenti intervalli di profondità, contenuto in materia organica); la densità è stata stimata alle varie profondità a partire dagli stessi dati.

Nel caso specifico, sono stati utilizzate le "pedotransfer functions" del tipo HYPRES[2], la cui descrizione viene fornita nel manuale delle referenze tecniche del DAISY all'indirizzo Internet http://www.dina.kvl.dk/~daisy/ftp/DaisyDescription.pdf.

I riferimenti tecnici relativi alle pedotransfer functions sono riportati in appendice 2 alla presente relazione.

La discretizzazione verticale di ciascun profilo pedostratigrafico si riferisce distintamente a due strati:

- il profilo superficiale (indicativamente i primi 2 metri dal piano-campagna)
- la successione di depositi alluvionali nella zona insatura, soggiacenti all'orizzonte pedologico superficiale.

Per una caratterizzazione generale della natura della zona insatura inferiormente agli strati pedologici superficiali, si è fatto riferimento alle suddivisioni introdotte nella tavola 1.a/6 allestita nel corso della fase I del presente lavoro, denominata "Costituzione dei dati geologici (cartografia delle unità litologiche)", e descritte nella relazione 1.a/1 - Caratterizzazione fisiografica e geologica.

Per alcuni tipi di suoli è stata introdotta una differenziazione tra i suoli agricoli e i suoli non agricoli, per tenere conto dei contenuti in materia organica sensibilmente differenti, evidenziati dalle analisi dei terreni disponibili (elevati nel caso di prati permanenti, inferiori in altre aree agricole).

[2] Gardner, W.R. (1958): Some steady state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. Soil Sci. 85:228-232Lilly, A. (1996): A description of the HYPRES database (HYdraulic PRoperties of European Soils). p. 161-193. In: Eds.: A. Bruand, O. Duval, H. Wösten and A. Lilly. The use of pedotransfer in soil hydrology research in Europe. Proceedings of the second workshop of the project 'Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation modelling in environmental studies and in land use planning', INRA Orléans, France, 10-12 October 1996.

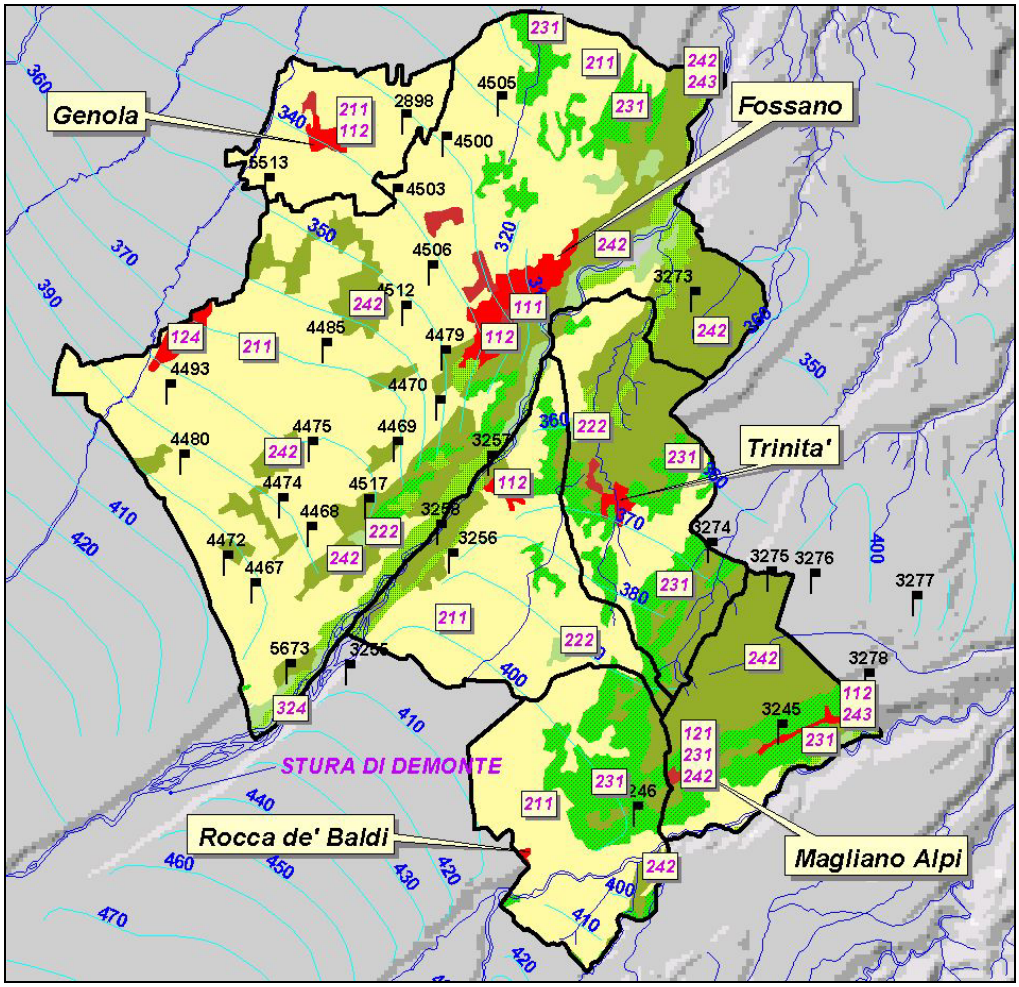


Figura 15 - Esempio di discretizzazione dell'area-campione del fossanese: classi di uso del suolo (campiture colorate poligonali, codifica Corine Land Cover - codici in viola), campo di moto della falda freatica (linee azzurre con quote isopiezometriche in m s.m.), punti di campionamento dei suoli (bandierine nere con codice dei campioni di terreno).

Discretizzazione dell'uso del suolo

Le basi-dati utilizzate per la ripartizione delle tipologie insediative, infrastrutturali, colturali e forestali sono rappresentate dalla copertura CORINE LAND COVER e dall'Archivio Informatizzato proveniente dal 5° Censimento ISTAT dell'Agricoltura, Sezione II - Utilizzazione dei terreni.

La cartografia numerica di uso del suolo è stata utilizzata per una prima discretizzazione, riferita a criteri standardizzati su scala regionale.

Tenuto conto del grado di approssimazione legato al fattore di scala di questa copertura, si è ritenuto opportuno ridefinire alcuni limiti delle classi di uso del suolo sulla base della sovrapposizione con la Carta Tecnica della Regione Piemonte (alla scala 1:10.000), soprattutto per quanto riguarda i bordi

delle aree urbanizzate e alcuni macro-elementi di controllo morfologico (regioni fluviali, superfici terrazzate etc..).

Le principali suddivisioni introdotte nella classificazione dell'uso del suolo nei territori comunali oggetto delle valutazioni di bilancio dell'azoto nel terreno si riferiscono alle seguenti macro-categorie:

- aree urbane ed affini
- aree agricole intensive
- aree con prevalenza di spazi naturali (boschi, aree incolte)

La prima categoria comprende le aree urbane ed affini, considerate nelle valutazioni di bilancio per quanto concerne la stima del carico in azoto (di origine meteorica) veicolato verso i corpi idrici superficiali, mediante ruscellamento sulle superfici pavimentate.

Si tratta delle aree identificate secondo la legenda unificata Corine con i codici:
- 111 Tessuto urbano continuo
- 112 Tessuto urbano discontinuo
- 121 Aree industriali e commerciali
- 124 Aeroporti
- 131 Aree estrattive

La seconda categoria comprende le superfici ricadenti - secondo la legenda unificata Corine Land Cover - nelle seguenti classi:
- 211 Seminativi
- 222 Frutteti e frutti minori
- 231 Prati stabili
- 241 Colture annuali associate e colture perenni
- 242 Sistemi colturali e particellari complessi
- 243 Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali

Nel contesto di queste tipologie di uso del suolo, è stata utilizzata un'opzione del modello di simulazione definita "multiple crops" (colture multiple), che consente di meglio approssimare la distribuzione degli usi agricoli del suolo desumibili dalla copertura Corine Land Cover, alla luce delle superfici colturali descritte con maggiore dettaglio nel V Censimento ISTAT dell'Agricoltura (2000), opportunamente suddivise in base alle ipotesi di rotazione colturale formulate (cfr. par. seguenti).

Nella terza categoria sono invece incluse le seguenti classi di uso del suolo:

- 311 Boschi di latifoglie
- 322 Brughiere e cespuglieti
- 324 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
- 331 Depositi lungo alvei fluviali

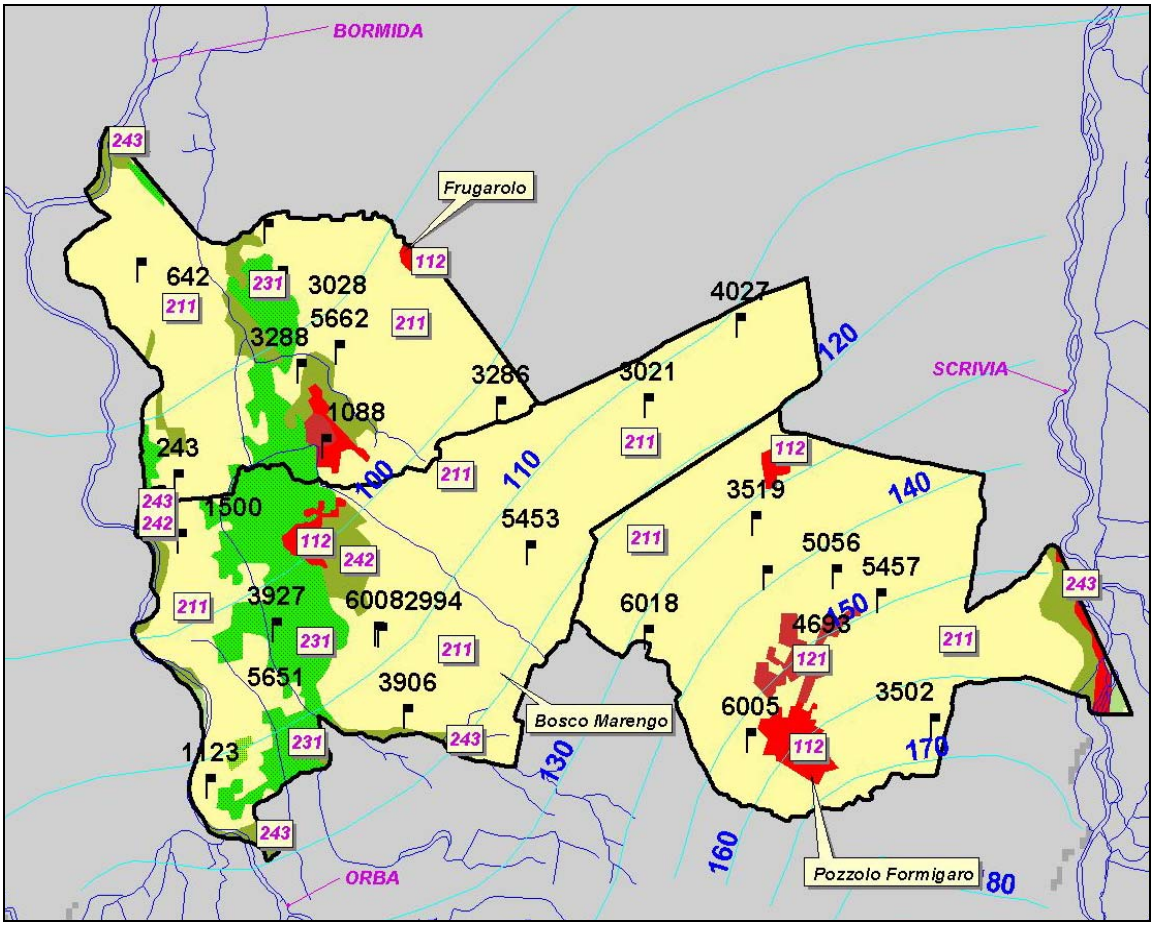


Figura 16 - Esempio di discretizzazione dell'area-campione della Pianura Alessandrina: classi di uso del suolo (campiture colorate poligonali, codifica Corine Land Cover - codici in viola), campo di moto della falda freatica (linee azzurre con quote isopiezometriche in m s.m.), punti di campionamento dei suoli (bandierine nere con codice dei campioni di terreno).

4.4 Ipotesi relative alle gestioni colturali e aziendali

La rotazione (o avvicendamento) delle colture determina effetti rilevanti sull'insieme di quelle caratteristiche che sono il presupposto della fertilità dei suoli e di conseguenza sui livelli di fertilizzazione organica e minerale da adottare nei piani di concimazione aziendale.

Gli effetti della rotazione si esplicano attraverso azioni di natura fisica, di natura chimica e di natura biologica che di seguito sinteticamente si richiamano.

- Azioni di natura fisica: le cotiche erbacee dense, ed in particolare i prati permanenti, in relazione all'attività svolta dagli apparati radicali determinano di norma un miglioramento della struttura del suolo. Le colture a radice fittonante profonda o che richiedono lavorazioni profonde incrementano

la permeabilità e la porosità degli strati di suolo più profondi. Al contrario colture che impongono intenso calpestio di macchine o irrigazioni ripetute o che lasciano per lunghi periodi la superficie del suolo scoperta ed esposta all'azione battente delle piogge, possono lasciare in cattive condizioni di struttura soprattutto i terreni limosi-argillosi.

- Azioni di natura chimica: sono correlate all'arricchimento o depauperamento di singoli elementi nutritivi o della sostanza organica. Ad esempio le leguminose arricchiscono il suolo di azoto in modo consistente.

- Azioni di natura biologica: sussistono strette interazioni tra specie coltivata e microrganismi del terreno; ne consegue che la successione degli ordinamenti colturali tende a condizionare nel tempo la composizione e l'attività dei diversi popolamenti microbici. Inoltre la successione colturale può modificare significativamente l'entità e le modalità di diffusione dei consorzi di specie infestanti. Infine la monosuccessione tende ad incrementare il rischio di attacco da parte di parassiti animali e vegetali.

Per tutte queste ragioni risulta evidente che i diversi avvicendamenti adottati dagli operatori agricoli costituiscono un elemento di interesse per la valutazione degli effetti correlati all'apporto di azoto sia di origine organica che minerale.

Non potendo disporre di informazioni dirette circa le rotazioni adottate nelle aree agronomicamente omogenee, oggetto degli approfondimenti delle attività di III fase, per la formulazione di ipotesi sugli avvicendamenti cui fare riferimento in accordo con il Dipartimento AGRISELVITER dell'Università di Torino si è proceduto come segue:

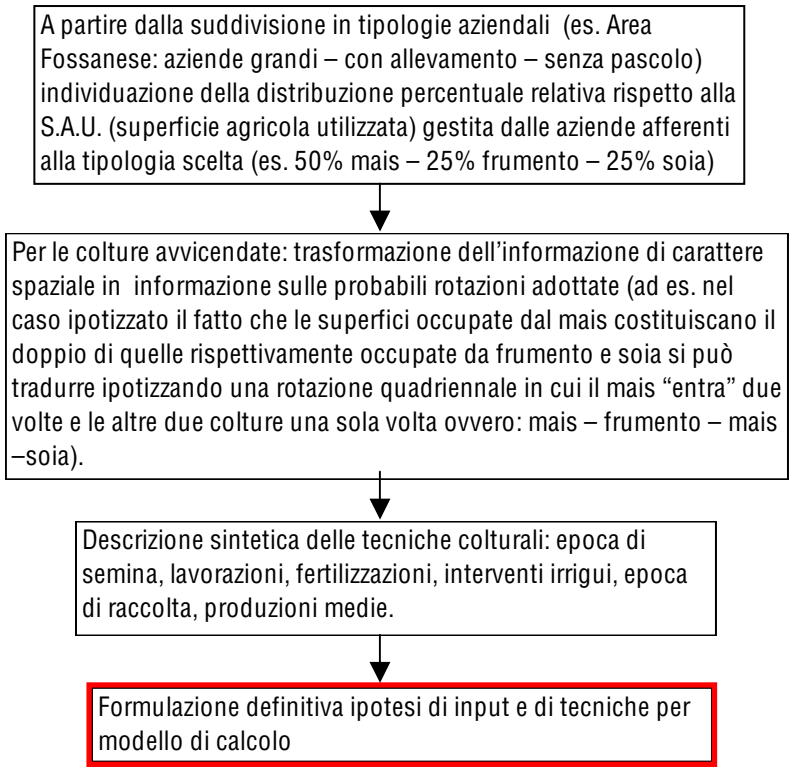
- a partire dalla suddivisione in tipologie aziendali effettuata per ogni area nell'ambito dell'attività di ricerca svolta dal Dipartimento (es. Area Fossanese: aziende grandi - con allevamento - senza pascolo) si è presa in esame la distribuzione complessiva delle colture e la distribuzione percentuale relativa rispetto alla S.A.U. (superficie agricola utilizzata) gestita dalle aziende afferenti alla tipologia scelta (es. 50% mais - 25% frumento - 25% soia);
- successivamente l'informazione di carattere spaziale si traduce in una informazione indiretta sulle probabili rotazioni adottate (ad es. nel caso ipotizzato il fatto che le superfici occupate dal mais costituiscano il doppio di quelle rispettivamente occupate da frumento e soia si può tradurre ipotizzando una rotazione quadriennale in cui il mais "entra" due volte e le altre due colture una sola volta ovvero: mais - frumento - mais -soia).

I casi concreti con cui ci si è misurati risultano di norma decisamente più complessi e uno specifico elemento di difficoltà è dato dalla presenza dei prati avvicendati che una volta seminati risultano presenti sulle stesse superfici per un certo numero di anni (almeno tre - quattro anni).

Si è cercato di tenere conto, per quanto possibile, di tali complessità cercando tuttavia, nel formulare le ipotesi di rotazione, di prendere in considerazione solo le colture che effettivamente assumono un ruolo significativo nell'ambito dell'area omogenea (superfici occupate superiori al 5% della porzione

della S.A.U. destinata ai seminativi) e di evitare un eccessivo proliferare di opzioni da sottoporre al modello di calcolo.

La successione di attività suddette è esemplificata dal seguente diagramma.



Le descrizioni sintetiche delle tecniche colturali sono riportate in forma schematica in allegato 3 alla presente relazione.

Le ipotesi di rotazione si riferiscono distintamente alle seguenti tipologie di aziende agricole[3-4]:

- aziende grandi non zootecniche
- aziende grandi con allevamento di bovini

[3] In accordo con le suddivisioni adottate dal Dipartimento AGROSELVITER per aziende zootecniche si intendono quelle con allevamenti che dipongono di almeno 3000 kg di peso vivo. Analogamente gli allevamenti vengono attribuiti ad una singola specie (es. allevamento bovino) quando almeno 3.000 kg di peso vivo afferiscono a tale specie; se la soglia non è superata o se diverse specie superano la stessa soglia gli allevamenti vengono considerati "allevamenti misti". Le grandi aziende si differenziano dalle piccole aziende in relazione all'estensione in ettari (maggiore o minore o uguale a 4 ha).

[4] Nel contesto dell'area-campione del Fossanese, si è ritenuto di poter differenziare le peculiari caratteristiche strutturali delle aziende ricadenti nel territorio di Fossano da quelle comprese nei comuni limitrofi, distinguendo specifiche serie di rotazioni colturali per le due unità territoriali.

- aziende grandi con allevamento di suini

Da un punto di vista operativo, in base ai risultati delle elaborazioni eseguite da AgroSelviTer sui dati colturali e zootecnici aziendali, si considerano le seguenti ripartizioni:
- superfici adibite a colture in avvicendamento
- superfici adibite a colture permanenti

distinguendo per ciascuna categoria le superfici pertinenti ad aziende con differente conduzione zootecnica (con-senza animali, suinicole, etc.).

Le superfici così differenziate vengono quindi espresse in termini percentuali, opportunamente ripartite nei poligoni di calcolo del modello DAISY contraddistinti da diverse classi di uso del suolo.

Poiché alcune ipotesi di rotazione si riferiscono - in linea teorica - a cicli di lunga durata, superiori all'intervallo di tempo coperto dalle simulazioni, si è provveduto in per queste ad introdurre suddivisioni in intervalli più brevi - ciascuno della durata di 6 anni, distribuite in modo tale che la percentuale di occorrenza sia rispondente - in termini complessivi - alla prevalenza e alla frequenza delle colture in essa contenute.

Una generica rotazione (individuata come "RotN") viene pertanto operativamente introdotta nel modello di calcolo come RotN1, RotN2, RotN3, RotN4, ciascuna delle quali contraddistinta da diversi segmenti della successione di avvicendamenti colturali.

La somma delle percentuali di RotN1, RotN2, RotN3, RotN4 corrisponde, tradotta in termini areali, alla superficie complessiva adibita a colture in avvicendamento del tipo RotN.

Tale operazione viene sistematicamente ripetuta per le categorie di rotazioni preventivamente individuate in ciascuna area omogenea.

Nel caso specifico dell'area-campione della pianura alessandrina, si è ritenuto di dover ulteriormente differenziare l'estensione delle superfici a mais irrigue e non irrigue, raddoppiando quindi gli schemi di avvicendamento ipotizzati (una serie con mais irriguo, una con mais non irriguo), in accordo ai dati relativi all'irrigazione, provenienti dal V Censimento dell'Agricoltura.

Le ipotesi di rotazioni adottate per le due aree-campione sono riportate in appendice 4 alla presente relazione.

4.5 Discretizzazione idrogeologica

Le condizioni di soggiacenza media della falda acquifera sono state ricavate mediante un procedimento di sottrazione alle quote del terreno delle corrispondenti quote piezometriche medie

annue, definite in fase di assegnazione delle condizioni al contorno iniziali al modello di simulazione matematica della zona satura, sviluppato nell'ambito delle applicazioni di tipo quantitativo nel corso della II fase degli studi propedeutici alla redazione del PTA.

Le quote medie del terreno sono riferite alla discretizzazione del Modello Numerico Digitale della Regione Piemonte a maglia quadrata di 50 metri.

Le condizioni al contorno di tipo idrogeologico nelle aree-campione si presentano alquanto diversificate, in rapporto all'assetto geomorfologico e alle relazioni tra acquiferi e corsi d'acqua:

- nell'area-campione fossanese, per effetto del solco drenante della Stura di Demonte, si riscontrano valori di soggiacenza molto elevati in prossimità delle scarpate di terrazzo fluviale, ai quali si contrappongono valori minimi (inferiori a 2 metri) nel settore di bassa pianura in prossimità del T.Grana-Mellea;
- nell'area-campione alessandrina i valori di soggiacenza sono generalmente elevati, attestandosi in genere tra 10 e 30 metri, ad eccezione della ristretta regione fluviale adiacente ai T.Orba e Scrivia.

Con riferimento alla discretizzazione idrogeologica introdotta nell'ambito della designazione delle zone vulnerabili da nitrati, le aree-campione ricadono nelle seguenti "aree idrogeologiche omogenee":

- area-campione fossanese: CN02 (Pianura cuneese tra Maira e Stura di Demonte), CN03 (Pianura cuneese tra Stura di Demonte e Tanaro) e subordinate porzioni delle superfici terrazzate TE09, (Terrazzo della Pianura cuneese tra Maira e Stura di Demonte), TE10 (Terrazzo della Pianura cuneese in destra Stura di Demonte), TE11 (Terrazzo della Pianura cuneese in sinistra Tanaro);
- area-campione alessandrina: interamente ricompresa nell'area AL04 (Pianura alessandrina tra Orba e Scrivia).

Con riferimento ai risultati conseguiti nel contesto di specifiche attività di studio eseguite per conto della Regione Piemonte da parte del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino, vengono brevemente sintetizzate le caratteristiche idrogeologiche della zona insatura emergenti nel contesto delle aree-campione oggetto degli approfondimenti di studio, per quanto concerne la permeabilità equivalente e i tempi di arrivo in falda (calcolati tenendo conto della permeabilità equivalente e dello spessore della zona insatura, ovvero della soggiacenza dell'acquifero superficiale).

- area-campione fossanese: l'80% circa dell'ambito di approfondimento si connota per una permeabilità equivalente medio/elevata ($10^{-3} < k_{eq.} < 10^{-5}$ m/s), localmente molto elevata ($k_{eq} > 10^{-3}$ m/s); in corrispondenza delle superfici terrazzate antiche si riscontra una permeabilità equivalente bassa ($10^{-5} < k_{eq.} < 10^{-7}$ m/s); i tempi di arrivo in falda sono generalmente inferiori ad 1 settimana, se si eccettuano le superfici terrazzate antiche nelle porzioni settentrionali dei comuni di Fossano, Trinità, Magliano Alpi (1-6 mesi);
- area-campione alessandrina: il 75% circa dell'ambito di approfondimento si connota per una permeabilità equivalente medio/elevata ($10^{-3} < k_{eq.} < 10^{-5}$ m/s), localmente molto elevata ($k_{eq} > 10^{-3}$ m/s); in corrispondenza delle superfici terrazzate antiche nel settore centrale (Bosco Marengo,

Frugarolo) si riscontra una permeabilità equivalente bassa ($10^{-5} < k_{eq.} < 10^{-7}$ m/s); i tempi di arrivo in falda sono alquanto differenziati, ricadendo nei range tra 1 settimana e 1 mese o anche tra 1-6 mesi nel settore settentrionale (comune di Frugarolo), localmente inferiori ad 1 settimana nel comune di Bosco Marengo, prevalentemente inferiori ad 1 settimana nel comune di Pozzolo Formigaro.

Per quanto attiene alle modalità di percolazione dei nitrati verso la falda acquifera, vengono delineati gli spessori indicativi dei depositi impermeabili nella zona insatura: nel fossanese e nell'alessandrino, questi ultimi assumono importanza relativamente alle superfici terrazzate antiche (spessore tra 5-10 metri).

Il grado di vulnerabilità dell'acquifero, valutato negli studi sopracitati con l'applicazione del metodo "GOD", viene valutato

- da "alto" ad "estremo" nell'area-campione fossanese, se si eccettuano le superfici terrazzate antiche nel settore orientale (vulnerabilità "bassa");
- in proporzioni confrontabili "alto" e "medio" nell'area-campione alessandrina, tranne un 20% circa di condizioni di "bassa" vulnerabilità in corrispondenza delle superfici terrazzate antiche.

4.6 Applicazione del modello numerico di simulazione e analisi dei risultati

Il modello di simulazione del flusso di azoto nel terreno agrario è stato applicato nelle due aree-campione della Pianura Fossanese e Alessandrina, con riferimento ad un periodo di durata di 6 anni, (1.1.99 - 31.12-2005) riferendosi alla serie di dati meteorologici osservati con frequenza giornaliera nel triennio 1999-2001, ripetuti ipoteticamente con lo scopo di estendere la lunghezza delle simulazioni.

In relazione a quanto illustrato in precedenza, nelle due aree-campione della Pianura Fossanese ed Alessandrina la relazione tra "Pressioni" (generazione del carico inquinante diffuso di origine agricola) e Impatti è evidente, per effetto del grado di vulnerabilità prevalentemente alto, che agevola la percolazione dei nitrati geneticamente legati agli apporti agricoli.

Nell'area-campione del Fossanese, il bilancio globale dell'azoto (elaborazione Università degli Studii di Torino, Dip.AgroSelviTer) si colloca nell'intorno dei valori più elevati su scala regionale (surplus azotato > 100 kg/N/ha); nell'area-campione Alessandrina il surplus azotato varia tra 50-70 kg/N/ha.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati - in forma sintetica - i criteri di assegnazione degli apporti irrigui medi alle colture e i livelli di fertilizzazione, nonché i livelli di produzione calcolati dal modello confrontati con le stime medie per area-campione (valori tipici desunti nell'ambito della pratica agronomica professionale a livello provinciale-regionale, dalla manualistica più recente disponibile -

basata su rilevamenti ISTAT - dal testo “AgroEcosistemi Piemontesi. Struttura e Dinamica”, Collana Ambiente 16 - Regione Piemonte).

	Apporti irrigui medi		Livelli medi di Fertilizzazione			
Area-campione	Alessandria	Fossano	Alessandria		Fossano	
			Zootecnica	Minerale	Zootecnica	Minerale
Coltura	mm/anno	mm/anno	kg N/anno/ha	kg N/anno/ha	kg N/anno/ha	kg N/anno/ha
Frumento vern.	0	0	236	175	236	175
Mais1	150	150	0	240	0	240
Mais2	150	150	236	180	236	180
Mais3	-	150	-	-	266	180
Prato	450	450	354	80	354	80
Frutteto	0	0	0	80	0	80
Vigneto	0	0	0	80	0	80
Bosco	0	0	0	0	0	0
Incolto	0	0	0	80	0	80
Fagioli	-	200	-	-	236	70
Soia	-	100	-	-	0	0
Girasoli	0	-	0	80	-	-
Rape	0	-	0	150	-	-
Barbabietola	70	-	0	80	-	-
Alfalfa/medica	450	-	0	0	-	-

NOTA: MAIS1 = IN GRANELLA (AZIENDE NON ZOOTECNICHE), MAIS2 = IN GRANELLA (AZIENDE ZOOTECNICHE), MAIS3 = TRINCIATO (AZIENDE ZOOTECNICHE)

Tabella 25 - Livelli di fertilizzazione e apporti irrigui ipotizzati per le colture nelle aree-campione.

Area-campione	Alessandria		Fossano	
	“Osservata”	Simulata	“Osservata”	Simulata
Coltura	t DM/ha	t DM/ha	t DM/ha	t DM/ha
Frumento vern.	4.2	4.2	4.6	4.7
Mais1	7.4	9.2	10.7	9.8
Mais2	7.4	9.2	10.7	11.3
Mais3	-	-	21.8	19.2
Prato	10.0	13.7	10.0	10.2
Frutteto	-	-	-	-
Vigneto	-	-	-	-
Bosco	-	-	-	-
Incolto	-	-	-	-
Fagioli	-	-	2.7	2.7
Soya	-	-	2.9	2.9
Girasoli	1.3	1.0	-	-
Rape	2.7	2.5	-	-
Barbabietola	11.8	8.8	-	-
Alfalfa/medica	10.2	9.5	-	-

Tabella 26 - Livelli di produzione medi al raccolto “osservati” e simulati per le colture nelle aree-campione.

Nella valutazione dei risultati del modello di simulazione della percolazione dei nitrati, occorre considerare alcuni elementi di rilievo:

- mentre il modello di calcolo restituisce un flusso verticale di azoto nella zona insatura diretto verso la falda con valori di concentrazione calcolati in continuo, la rete di monitoraggio regionale dell'acquifero registra valori di concentrazione misurati con frequenza semestrale (nei pozzi di controllo della falda superficiale);
- la distribuzione dei valori di concentrazione calcolati si riferisce ad ipotesi sulla distribuzione delle colture basate su criteri di validità statistica generale, mentre la distribuzione delle concentrazioni misurate dalla rete di monitoraggio risente della variabilità locale delle fonti di produzione diffuse e puntuali di "inquinamento"da nitrati;
- il modello fornisce valori di concentrazione di nitrati nelle acque di percolazione in uscita dai primi 2-3 metri di terreno;
- le concentrazioni di nitrati nelle acque di percolazione nella zona insatura a profondità superiori possono subire significative variazioni, dipendenti dallo spessore, dalla permeabilità e dalle caratteristiche chimico-fisiche della matrice litologica;
- il modello di analisi del flusso verticale di nitrati in falda non considera, per sua natura, l'effetto di diluizione associato al flusso nella zona satura.

I risultati della simulazione modellistica, alla luce di tali considerazioni, forniscono pertanto valori di concentrazione più elevati rispetto alle concentrazioni di nitrati misurate nei punti di monitoraggio dell'acquifero.

I risultati ottenuti mediante il modello di simulazione possono essere visualizzati nei seguenti formati:

- distribuzione dei valori simulati di concentrazione dei nitrati nelle acque di percolazione, riferita ad una maglia territoriale suddivisa in celle di calcolo (aventi nel caso specifico le dimensioni di 2*2 km); questi valori possono assumere un assegnato significato statistico (valore massimo o medio sul periodo di simulazione per ciascuna cella di calcolo);
- tabelle ed istogrammi relativi ai parametri di controllo del bilancio del flusso di azoto nei terreni agrari.

Nelle figure 17 e 19 vengono visualizzate le concentrazioni medie di nitrati simulate dal modello, relative alle acque di percolazione dai terreni agrari, e le concentrazioni medie di nitrati misurate in falda.

Il livello di raffronto proposto si riferisce alla concentrazione media di nitrati nelle acque di percolazione sul territorio comunale. Le figure 18-20 integrano questo tipo di risultati offrendo una rappresentazione spazialmente distribuita.

Nel caso dell'area-campione della pianura alessandrina, i valori medi simulati della concentrazione in nitrati nelle acque di percolazione si attestano ad oltre 130 mg/l nei comuni di Frugarolo e Bosco

Marengo, a fronte di valori massimi misurati nell'acquifero rispettivamente superiori a 100 mg/l e di poco inferiori a 70 mg/l.

Nel caso di Pozzolo Formigaro, i valori medi simulati della concentrazione in nitrati nelle acque di percolazione si attestano in 118 mg/l, a fronte di valori massimi misurati nell'acquifero superiori a 100 mg/l.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, tali valori possono essere considerati realistici se si tiene conto dell'effetto filtrante della zona insatura e della successiva diluizione nella zona satura.

Anche nel caso dell'area-campione della pianura fossanese, i valori medi simulati della concentrazione in nitrati nelle acque di percolazione si attestano tra 95-130 mg/l nei comuni di Genola, Fossano, Trinità e Rocca de Baldi, a fronte di valori medi misurati nei pozzi di monitoraggio dell'acquifero connotati da punte pari a 61.2, 47.0, 103.4, 87.4 mg/l.

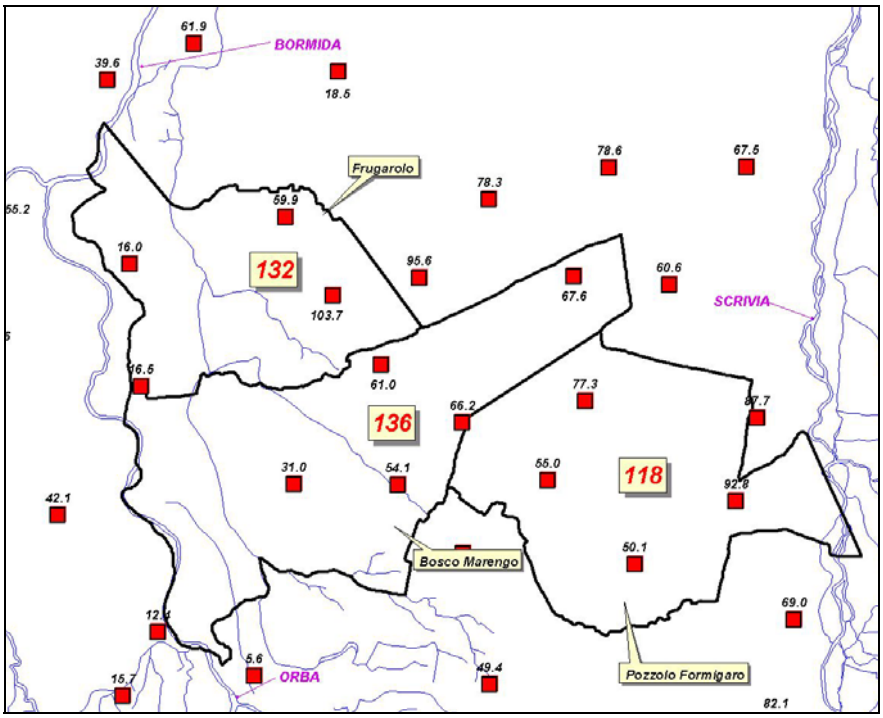


Figura 17 - Concentrazioni medie simulate di nitrati nelle acque di percolazione (cifre in rosso su sfondo giallo, valori espressi in mg/l di NO_3-) e concentrazioni medie misurate nei pozzi della rete di monitoraggio della falda superficiale - area alessandrina (quadrati rossi).

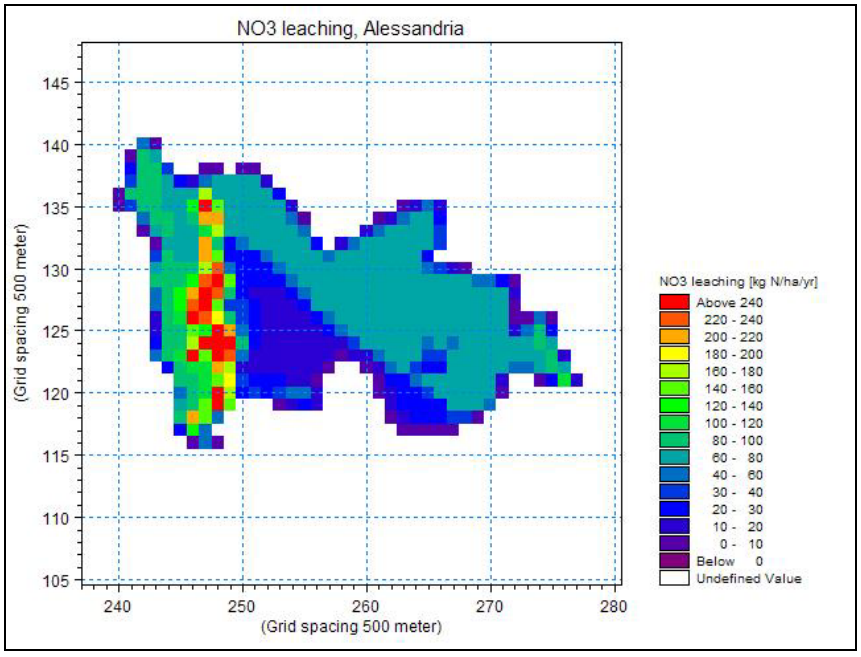


Figura 18 - Concentrazioni medie simulate di nitrati nelle acque di percolazione-area alessandrina

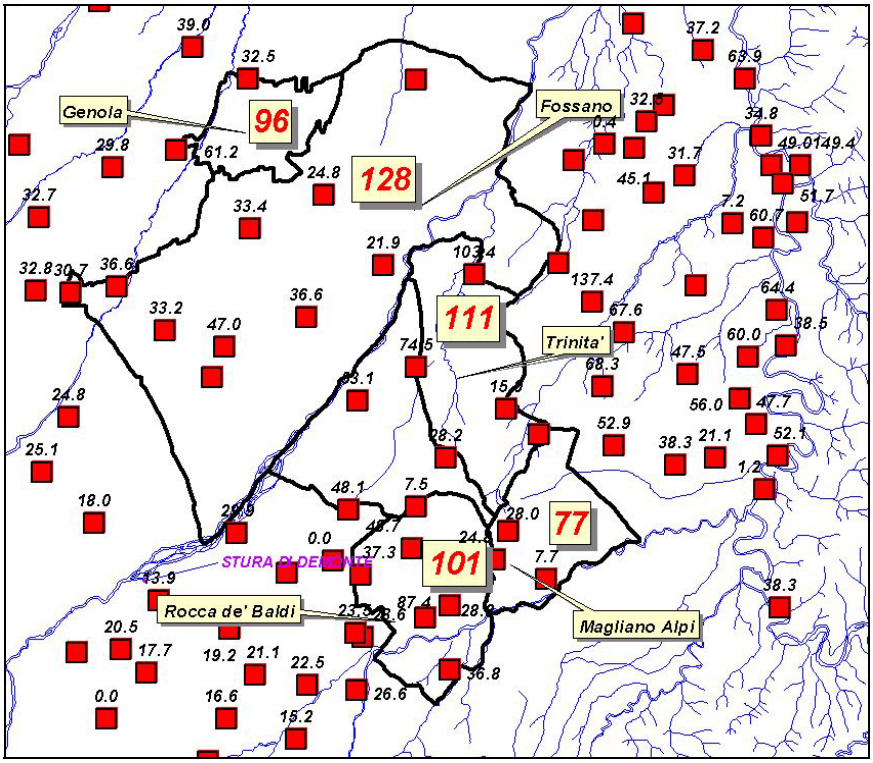


Figura 19 - Concentrazioni medie simulate di nitrati nelle acque di percolazione (cifre in rosso su sfondo giallo, valori espressi in mg/l di NO_3-) e concentrazioni medie misurate nei pozzi della rete di monitoraggio della falda superficiale - area fossanese (quadrati rossi).

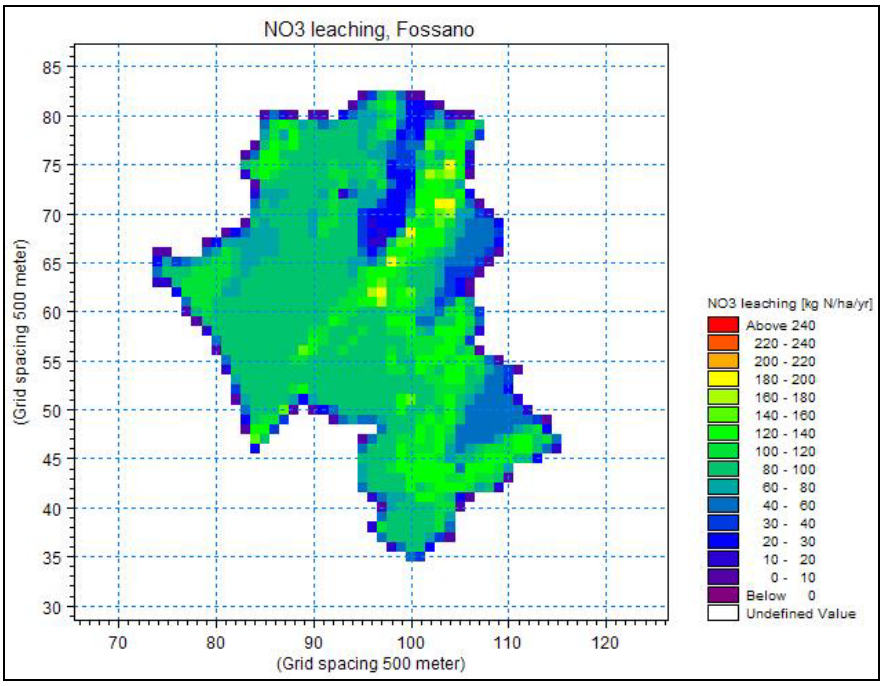


Figura 20 - Concentrazioni medie simulate di nitrati nelle acque di percolazione - area fossanese

Nel seguito vengono proposte alcune elaborazioni di sintesi, che illustrano la ripartizione delle varie componenti del bilancio dell'azoto nei terreni agricoli su base comunale, in forma di istogrammi e tabelle riepilogative.

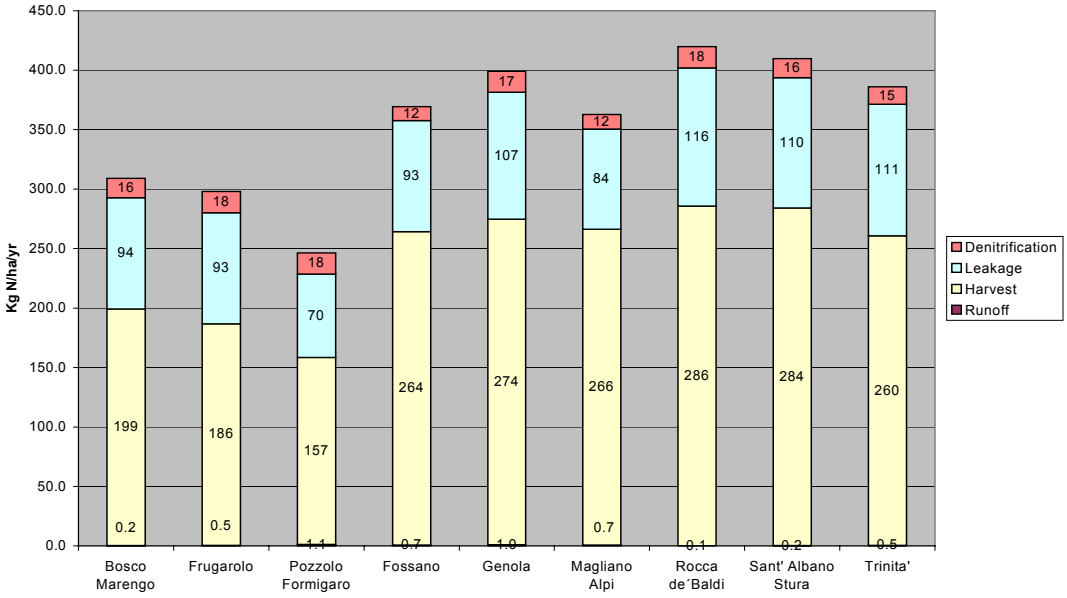


Figura 21 - Istogramma di bilancio relativo alle voci di bilancio "in uscita" dell'azoto nelle aree-campione (stato attuale)

	Deposizione atmosferica	Fertilizzazione	Fissazione, semina	Totale apporti
Bosco Marengo (AL)	18	293	5	316
Frugarolo (AL)	18	280	5	302
Pozzolo Formigaro (AL)	17	248	4	270

Tabella 27 - Bilancio su base comunale, relativo alle voci di bilancio "in entrata" dell'azoto nell'area-campione della Pianura Alessandrina (valori espressi in Kg N/ha/anno, stato attuale).

	Ruscellamento da aree urbane	Raccolto	Percolazione	Denitrificazione	Totale asporti	Variazione (saldo bilancio)
Bosco Marengo (AL)	0.2	199	94	16	309	7
Frugarolo (AL)	0.5	186	93	18	298	4
Pozzolo Formigaro (AL)	1.1	157	70	18	246	24

Tabella 28 - Bilancio su base comunale, relativo alle voci di bilancio "in uscita" dell'azoto nell' area-campione della Pianura Alessandrina (valori espressi in Kg N/ha/anno, stato attuale).

	Deposizione atmosferica	Fertilizzazione	Fissazione, semina	Totale apporti
Fossano (CN)	18	290	5	312
Genola (CN)	20	324	8	351
Magliano Alpi (CN)	19	330	7	357
Rocca de´Baldi (CN)	19	363	6	388
Sant' Albano Stura (CN)	19	327	6	352
Trinita' (CN)	19	333	5	357

Tabella 29 - Bilancio su base comunale, relativo alle voci di bilancio "in entrata" dell'azoto nell'area-campione della Pianura Fossanese (valori espressi in Kg N/ha/anno, stato attuale).

	Ruscellamento da aree urbane	Raccolto	Percolazione	Denitrificazione	Totale asporti	Variazione (saldo bilancio)
Fossano (CN)	0.7	264	93	12	369	-57
Genola (CN)	1.0	274	107	17	399	-48
Magliano Alpi (CN)	0.7	266	84	12	363	-6
Rocca de´Baldi (CN)	0.1	286	116	18	420	-32
Sant' Albano Stura (CN)	0.2	284	110	16	410	-58
Trinita' (CN)	0.5	260	111	15	386	-29

Tabella 30 - Bilancio su base comunale, relativo alle voci di bilancio "in uscita" dell'azoto nell'area-campione della Pianura Fossanese (valori espressi in Kg N/ha/anno, stato attuale).

Si noti che il rapporto tra la percolazione e la fertilizzazione nelle due aree-campione è prossimo al 30%, in discreto accordo con le percentuali di lisciviazione assunte nel par. 2.3.2 per la stima degli

apporti effettivi di Azoto alle acque sotterranee (se si tiene conto del carattere notevolmente intensivo dell'agricoltura e della zootecnia nelle 2 aree-campione considerate).

L'aliquota di ruscellamento dell'azoto calcolata nelle aree urbane è rapportata all'estensione delle superfici pavimentate, mentre nelle aree agricole di pianura le procedure di calcolo utilizzate dal modello di simulazione prevedono l'utilizzo di un coefficiente di ritenzione al suolo delle acque meteoriche, successivamente reinfiltrate nella zona insatura, senza generare scorrimento superficiale diffuso.

Gli apporti di azoto dalle precipitazioni sono calcolati dal modello ragguagliando l'altezza di pioggia alle superfici interessate, in ragione di una concentrazione media pari a 1.5 mg N/l, sommata ad una deposizione secca di 4.5 kg/ha/anno.

Le perdite di azoto in atmosfera sono simulate dal modello in relazione alle due componenti principali (volatilizzazione di NH_3 dalla componente di fertilizzazione organica, denitrificazione dei nitrati nel suolo). Per il calcolo della prima componente viene assegnato un contenuto di NH_4 nei liquami zootecnici pari al 15%; il tasso di denitrificazione viene calcolato in funzione del contenuto in materia organica facilmente decomponibile per attività microbica nel suolo, del grado di saturazione del suolo, della temperatura e del contenuto in nitrati nella frazione liquida.

Per quanto concerne la voce di bilancio relativa al "raccolto", si precisa che il modello di calcolo considera una distinzione tra la frazione di azoto nella pianta (raccolto) e quello residuo sul campo; la frazione di materia secca raccolta viene introdotta tra i dati di ingresso, distintamente per le diverse porzioni della pianta (apparato radicale, fusto, apparato fogliare etc.).

APPENDICE 1

Riferimenti bibliografici

"Progetto di Piano stralcio per il controllo dell'Eutrofizzazione (PsE)" Autorità di Bacino del Po (2001).

"Effetti di tipologie di suolo e colture foraggere sulle perdite per ruscellamento di azoto, fosforo e potassio in differenti areali italiani" Carlo Grignani et al., Edagricole 1996).

"SP2.1" Autorità di Bacino del Po (2000)

"Studio del carico di inquinanti di origine agricola: applicazione del modello CRITERIA al comprensorio della bassa bolognese" Quaderno tecnico ARPA-SMR n. 07/2002

"Bacino interregionale del fiume RENO - Progetto di Piano stralcio per il bacino del torrente SAMOGGIA: ANALISI CONOSCITIVA, SINTESI DEGLI SQUILIBRI, AZIONI PROPOSITIVE" Autorità di Bacino del fiume Reno (novembre 2000)

Gruppo di lavoro "Interventi di risanamento" e "Ricerca e stato delle acque" CIPAIS Campagna 1994

"Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore - aspetti limnologici" CIPAIS Campagna 2001

"Rapporto sullo stato attuale e fabbisogni di opere per la protezione delle acque italo svizzere" CIPAIS (2003)

"Realizzazione di siti di monitoraggio finalizzati alla valutazione dei flussi di nutrienti nel terreno - Quantificazione dei nutrienti di origine agricola" AgroSelviTer, Università di Torino, dicembre 2002

"Analisi delle deposizioni atmosferiche" CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi "Dr. Marco De Marchi" (1998)

Vighi e Chiaudani, 1986 "Un nuovo metodo per la stima della capacità assimilativa dei laghi: il modello MEI e la sua applicazione per i piani di risanamento." Ingegneria ambientale, Vol. 15, n. 5, maggio 1986.

CNR-IRSA Quaderno 90 (1991)

"Agrosistemi Piemontesi: struttura e dinamiche - Fertilizzanti minerali e di sintesi" Sergio Malcevschi, Università di Pavia

"Attività ARPA per la predisposizione del Piano di Tutela delle Acque" ARPA Piemonte (2002)

"Analisi dei fattori di correlazione tra generazione di carichi inquinanti sversati nei sub-bacini emiliani con gli apporti inquinanti del fiume Po in adriatico" ARPA Emilia Romagna (1999)

"Progetto Regi-Lagni" ENEA Sezione PROT-IDR , vol. 1 (2001)

Attività di pianificazione del Bacino del Po, Progetto speciale P.S.2.1.1 - “Carta della vulnerabilità degli acquiferi: completamento, approfondimenti sull’inquinamento da composti dell’azoto” (Autorità di Bacino del F.Po, Aquater S.p.A. & Hydrodata S.p.a., 2001).

Regione Piemonte: Decreto del Presidente della Giunta Regionale del 18 ottobre 2002, n. 9/R - Regolamento regionale recante la “Designazione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e relativo programma d’azione”.

Field R., Tafury A.N., Masters H.E. - Urban runoff pollution control technology overview - USEPA Series, 600/2-77-047, 1977

Zavattaro, L., Bassanino, M., Sacco, D., Barberis, E., Grignani, C., Ferraris, S., 2003. *Perdite di fosforo in un bacino irriguo di pianura.* Atti del “XXXV Convegno della Societa' Italiana di Agronomia”, Portici (NA) 16-18 settembre 2003

Sergio Malcevschi - Università di Pavia - Agrosistemi piemontesi, struttura e dinamiche.

IPLA S.p.A. “Carta dei Suoli - 1:250.000” I° elaborato intermedio, settembre 2002.

APPENDICE 2

Discretizzazione delle caratteristiche pedologiche e descrizione delle pedotransfer functions "HYPRES"

HYPRES

The HYPRES transfer functions is a result of an EU-cooperation project, where data from a number of soil profiles have been included in the development of a set of transfer-functions. The parameters are generated for the closed-form van Genuchten/Mualem equation.

Retention curve: van Genuchten (1980):

$$\theta(\psi)=\theta_r+\frac{(\theta_s-\theta_r)}{\left[1+(\alpha\psi)^n\right]^m}$$

where

θ	=	Soil moisture content
θ_s	=	Saturated moisture content
θ_r	=	Residual moisture content
ψ	=	Soil matrix potential
α	=	exponent in van Genuchten function
n	=	exponent in van Genuchten function
m	=	exponent in van Genuchten function, here assumed equal to 1-1/n

The hydraulic conductivity function:

$$K(h)=K_s\frac{\left(\left(1+|\alpha h|^n\right)^{1-1/n}-|\alpha h|^{n-1}\right)^2}{\left(1+|\alpha h|^n\right)^{(1-1/n)(l+2)}}=K_s\frac{\left(\left(1+|\alpha h|^n\right)^m-|\alpha h|^{n-1}\right)^2}{\left(1+|\alpha h|^n\right)^{m(l+2)}}$$

where

h	=	Soil matrix potential, given in cm water column
l	=	a shape factor for the unsaturated hydraulic conductivity functopm

The pedotransfer-equations are shown in Table A.4.

The Daisy model only does not allow l as a separate input, so in reality the calculation of l by the pedotransfer-function is overruled, and the value of 0.5 is assumed, as is the normally used default for combined van Genuchten/Mualem equation.

Van Genuchten/Mualem: $$K(\psi)=K_s\frac{\left(\left(1+(\alpha\psi)^n\right)^m-(\alpha\psi)^{n-1}\right)^2}{\left(1+(\alpha\psi)^n\right)^{2.5m}}$$

Table A.1 Pedotransfer-functions derived in the HYPRES project.

property	transformation	equation
θ_s		θ_s=0.7919 + 0.001691*C - 0.29619*D -0.000001491*S^2 + 0.0000821*OM^2 + 0.02427*C^{-1} + 0.01113*S^{-1} + 0.01472*ln(S) - 0.0000733*OM*C - 0,000619*D*C - 0.001183*D*OM - 0.0001664*topsoil*S (R^2= 76 %)
α	e^{α^*}	α*= -14.96 + 0.03135*C + 0.0351*S + 0.646*OM + 15.29*D - 0.192*topsoil - 4.671*D2 - 0.000781*C2 -0.00687*OM^2 + 0.0449*OM^{-1} + 0.0663*ln(S) + 0.1482*ln(OM) - 0.04546*D*S - 0.4852*D*OM + 0.00673*topsoil*C (R^2= 20 %)
n	e^{n^*}+1	n*= -25.23 - 0.02195*C + 0.0074*S - 0.1940*OM + 45.5*D - 7.24D^2 + 0.0003658*C^2 + 0.002885*OM^2 - 12.81*D^{-1} - 0.1524*S^{-1} - 0.01958*OM^{-1} - 0.2876*ln(S) - 0.0709*ln(OM) - 44.6*ln(D) - 0.02264*D*C + 0.0896*D*OM + 0.00718*topsoil*C (R^2 = 54 %)
l	$10(e^{l^*}-1)/(1+e^{l^*})$	l*= 0.0202 + 0.0006193*C^2 - 0.001136*OM^2 - 0.2316*ln(OM) - 0.03544*D*C + 0.00283*D*S + 0.0488*D*OM (R^2 = 12 %)
K_s	e^{Ks^*}	Ks*= 7.755 + 0.0352*S + 0.93*topsoil - 0.967*D^2 - 0.000484*C^2 - 0.000322*S^2 + 0.001*S^{-1} - 0.0748*OM^{-1} - 0.643*ln(S) - 0.01398*D*C - 0.1673*D*OM + 0.02986*topsoil*C - 0.03305*topsoil*S (R^2 = 19 %)
where	C	percent clay (material < 2 μm)
	S	percent silt (material between 2 and 50 μm)
	OM	percent organic matter
	D	bulk density (g/cm^3)
	topsoil	if the soil is a topsoil, the value is 1, if a subsoil, the value is 0
	ln	the natural logarithm

It should be noted that the coefficients of determination for λ, Ks and α are very small, and the uncertainty on the derived curves is therefore large.

Figures A.2 and A.3 show the location of the original soil samples in Europe and the distribution of the samples within the textural triangle.

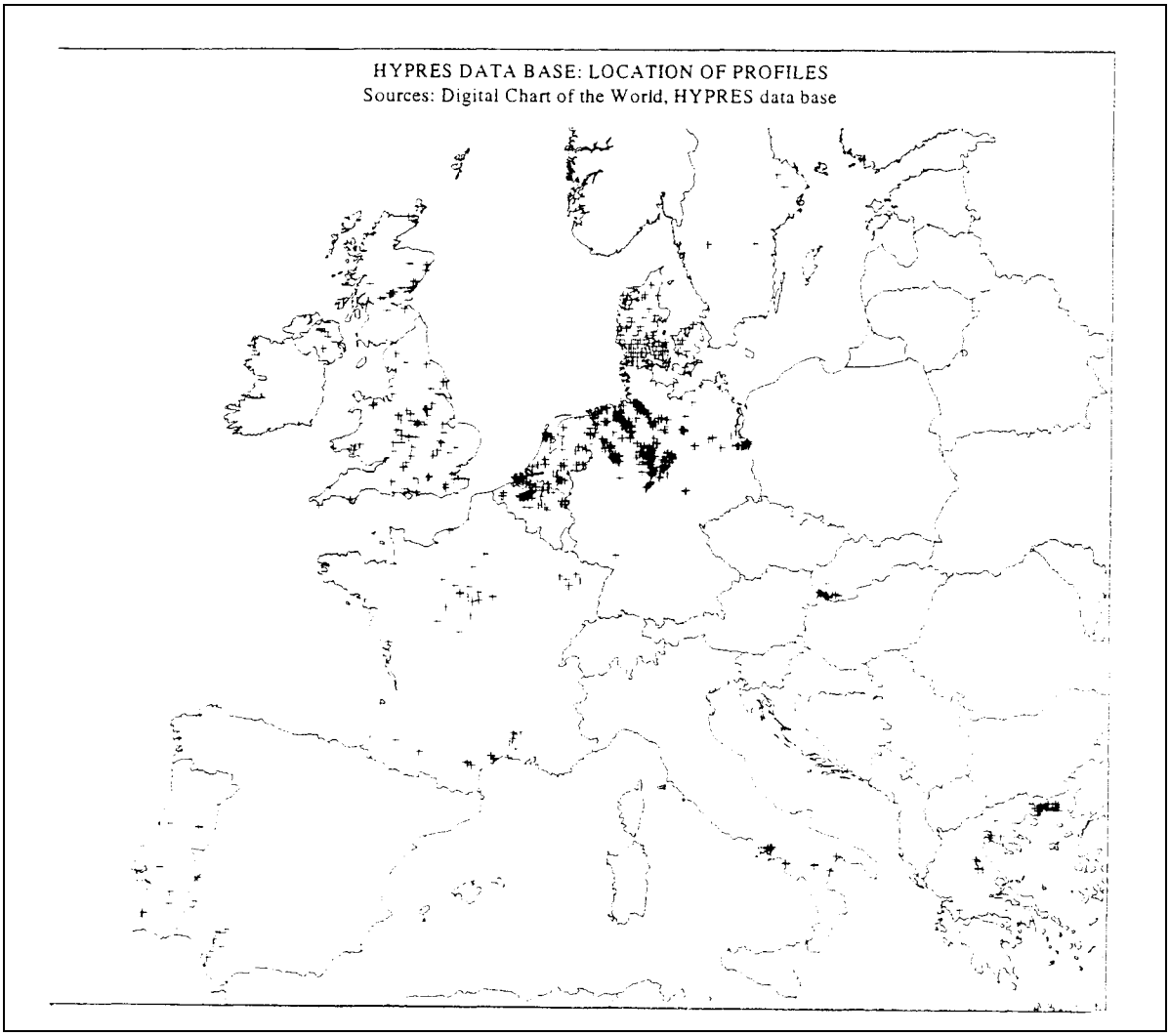


Figure A.2 Location of the soil samples on which HYPRES is based.

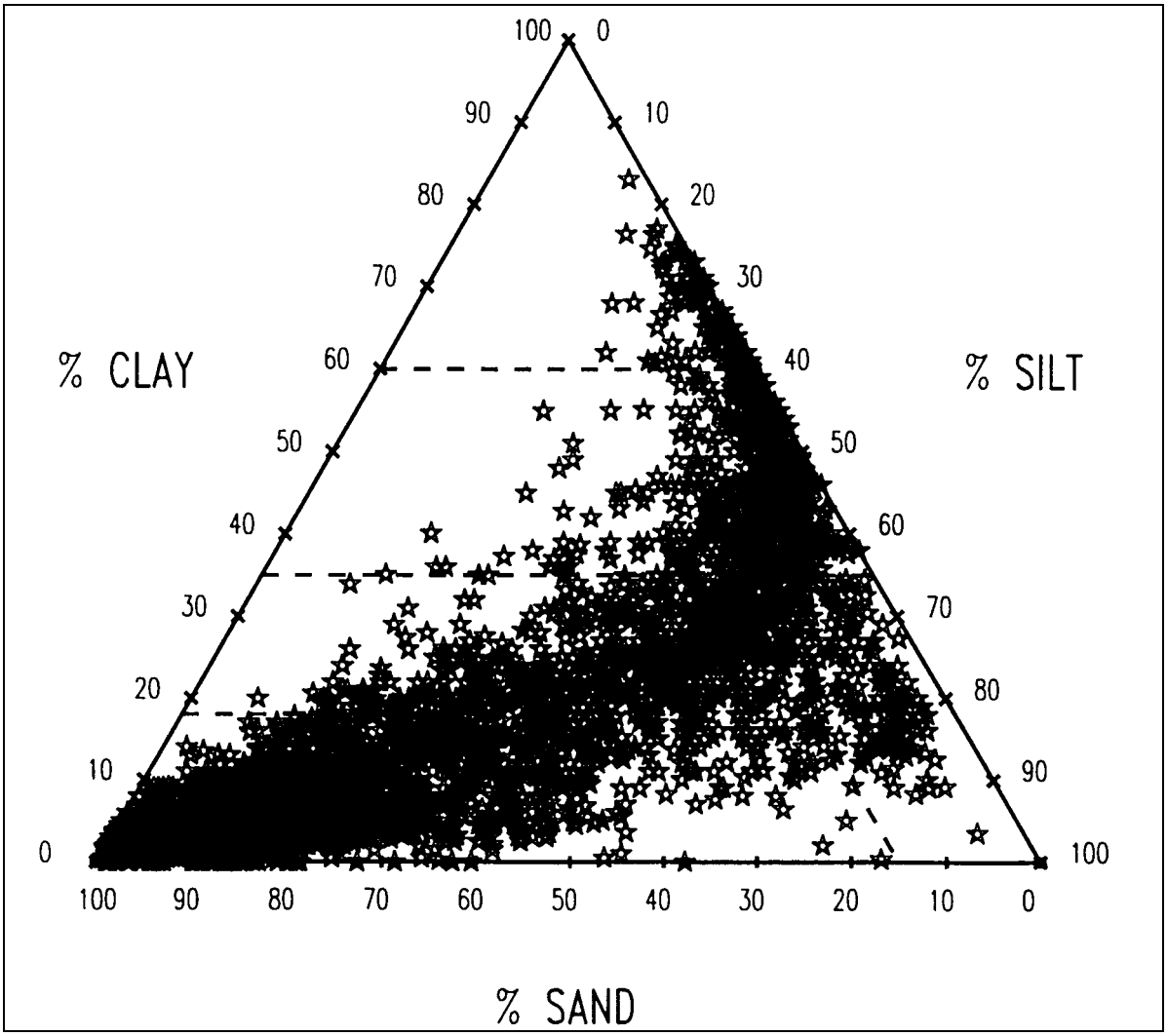


Figure A.3 The textural distribution of the soil samples on which HYPRES is based.

Fossano				Texture, %									Van Genuchten			Cambell/Burdine	
Soil Type	Root depth (cm)	Horizon Name	Depth (cm)	Clay	Silt	Fine sand	Coarse sand	Total sand	Humus	Bulk Density (g/cm3)	θ_S (-)	K_S (10^{-6} m/s)	α (cm^{-1})	n (-)	M=1-1/n (-)	λ	ψ_m (cm)
Claygravel	75	Cg_A	0-30	10	52			38	5.3	1.45	0.4078	0.945	0.017	1.233			
		Cg_B	30-150	22	48	23	7	30	0.8	1.55	0.4011	2.06	0.025	1.165			
		g_C	150-300	3	9	26	62	88	0.2	1.65	0.3463	3.82	0.073	1.490			
Claygravela	75	Cga_A	0-30	10	52			38	0.8	1.55	0.4166	2.60	0.021	1.321			
(Used in agricultural areas)		Cg_B	30-150	22	48	23	7	30	0.8	1.55	0.4011	2.06	0.025	1.165			
		g_C	150-300	3	9	26	62	88	0.2	1.65	0.3463	3.82	0.073	1.490			
Fragigravel	75	FF_A	0-30	18	49			33	2.4	1.50	0.4648	3.54				5.83	-34.29
		B_fragi	30-60	20	50	19	11	30	0.6	1.65	0.4698	3.15				6.15	-37.15
		fragi	60-120	34	38	22	6	28	0.4	1.80	0.4780	2.41				8.34	-32.84
		g_C	120-300	3	9	26	62	88	0.1	1.65	0.3463	3.82	0.073	1.490			
Medigravel	70	Mg_A	0-20	11	46			43	3.7	1.45	0.4109	1.79	0.024	1.241			
		Mg_B	20-100	19	39	32	10	42	0.6	1.55	0.3980	2.55	0.034	1.190			
		g_C	100-300	3	9	26	62	88	0.2	1.65	0.3463	3.82	0.073	1.490			
Sandgravel	60	SgF_A	0-30	13	66			21	2.2	1.45	0.4135	1.02	0.015	1.259			
		Sg_B	30-110	4	46	42	9	51	1.4	1.55	0.3924	3.46	0.022	1.366			
		g_C	110-300	3	9	26	62	88	0.2	1.65	0.3463	3.82	0.073	1.490			
Sand50gravel	85	S50gF_A	0-30	11	43			46	3.3	1.45	0.4116	2.22	0.027	1.246			
		S50g_B	30-50	11	33	25	32	52	1.2	1.50	0.4054	3.79	0.041	1.265			
		g_C	50-300	3	9	26	62	88	0.2	1.65	0.3463	3.82	0.073	1.490			
Fragiloam	75	FF_A	0-30	18	49			33	2.4	1.50	0.4648	3.54				5.83	-34.29
		B_fragi	30-60	20	50	19	11	30	0.6	1.65	0.4698	3.15				6.15	-37.15
		fragi	60-120	34	38	22	6	28	0.4	1.80	0.4780	2.41				8.34	-32.84
		Fl_C	120-300	20	40			40	0.1	1.65	0.3696	1.06	0.034	1.164			

Alessandria				Texture, %									Van Genuchten			Cambell/Burdine	
Soil Type	Root depth (cm)	Horizon Name	Depth (cm)	Clay	Silt	Fine sand	Coarse sand	Total sand	Humus	Bulk Density (g/cm3)	θ_s (-)	K_s (10^{-6} m/s)	α (cm^{-1})	n (-)	M=1-1/n (-)	λ	ψ_m (cm)
Sandgravel	60	SgA_A	0-30	14	52			34	4.4	1.45	0.4105	1.16	0.020	1.208			
		SA_B	30-110	4	46	42	8	50	0.6	1.55	0.3940	3.96	0.022	1.397			
		g_C	110-300	3	9	26	62	88	0.2	1.65	0.3463	3.82	0.073	1.490			
Sandgravela	60	SgAa_A	0-30	14	52			34	2.0	1.50	0.4004	1.72	0.021	1.240			
(Used in agricultural areas)		SAa_B	30-110	4	46	42	8	50	0.3	1.55	0.3946	3.78	0.022	1.410			
		g_C	110-300	3	9	26	62	88	0.2	1.65	0.3463	0.382	0.073	1.490			
Sandloam	60	Sl_A	0-30	14	52			34	4.4	1.45	0.4105	1.16	0.020	1.208			
		SA_B	30-110	4	46	42	8	50	0.6	1.55	0.3940	3.96	0.022	1.397			
		Fl_C	110-300	20	40			40	0.1	1.65	0.3696	1.06	0.034	1.164			
Sandloama	60	Sla_A	0-30	14	52			34	2.0	1.50	0.4004	1.72	0.021	1.240			
(Used in agricultural areas)		SAa_B	30-110	4	46	42	8	50	0.3	1.55	0.3946	3.78	0.022	1.410			
		Fl_C	110-300	20	40			40	0.1	1.65	0.3696	1.06	0.034	1.164			
Sand50gravel	85	S50gA_A	0-30	21	46			32	1.7	1.50	0.4052	2.25	0.027	1.190			
		S50gA_B	30-50	11	33	25	32	52	0.6	1.55	0.3917	3.53	0.039	1.276			
		g_C	50-300	3	9	26	62	88	0.2	1.65	0.3463	3.82	0.073	1.490			
Fragisand	75	FA_A	0-30	15	67			18	1.4	1.50	0.4850	2.40				5.40	-61.82
		B_fragi_A	30-60	20	50	19	11	30	0.4	1.65	0.4698	3.15				6.15	-37.15
		fragi_A	60-120	34	38	22	6	28	0.2	1.80	0.4780	2.41				8.34	-32.84
		Fs_C	120-300	22	49	25	4	29	0.1	1.65	0.3726	0.903	0.023	1.151			

APPENDICE 3

Descrizione delle tecniche colturali

Frumento tenero

	Ott.			Nov			Dic			Gen			Feb			Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali	Aratura + fresatura + concimazione	Semina												Concimazione					Concimazione									Raccolta (con asporto paglia)			
Azoto (kg/ha)	25													100					50												175
Fosforo (kg/ha)	100																														100
Note:																															

Livello produzione media: 5.500 kg/ha

Mais da granella (aziende senza allevamento)

	Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			Ott.			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali		Aratura + Fresatura + Concimazione		Semina + Concimazione				Rincalzatura + Concimazione				Irrigazione infiltrazione laterale 750 mc/ha		Irrigazione infiltrazione laterale 750 mc/ha								Raccolta granella	Trinciatura stocchi		
Azoto (kg/ha)		30		30				180																	240
Fosforo (kg/ha)		80		80																					160
Note:																									

Livello produzione media: 10.000 kg/ha di granella secca

Mais da granella (aziende con allevamento)

	Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			Ott.			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali	Letamazione (400 q/ha)	Aratura + Fresatura + Concimazione		Semina + Concimazione				Rincalzatura + Concimazione				Irrigazione infiltrazione laterale 750 mc/ha		Irrigazione infiltrazione laterale 750 mc/ha								Raccolta	Trinciatura stocchi		
Azoto (kg/ha)	120			30				150																	300
Fosforo (kg/ha)				150																					150
Note:																									

Mais da trinciato integrale (aziende con allevamento)

	Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			Ott.			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali	Letamazione (400 q/ha)	Aratura + Fresatura + Concimazione		Semina + Concimazione				Rincalzatura + Concimazione				Irrigazione infiltrazione laterale 750 mc/ha		Irrigazione infiltrazione laterale 750 mc/ha								Raccolta pianta intera			
Azoto (kg/ha)	120			30				150																	300
Fosforo (kg/ha)				150																					150
Note:																									

Soia

	Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			Ott.			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali	Aratura + fresatura + concimazione	Semina									Irrigazione scorrimento 1000 mc/ha								Raccolta			
Azoto (kg/ha)																						0
Fosforo (kg/ha)	80																					80
Note:																						
Livello produzione media: 3.500 kg/ha																						

Fagiolo secco

	Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			Ott.			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali			Aratura + fresatura + concimazione	Impianto delle canne	Semina		Rincalzatura + concimazione			Irrigazione per scorrimento 500 mc/ha		Irrigazione per scorrimento 500 mc/ha		Irrigazione per scorrimento 500 mc/ha		Irrigazione per scorrimento 500 mc/ha					Estirpazione piante e canne	Raccolta			
Azoto (kg/ha)							70																		70
Fosforo (kg/ha)			80																						80
Note:	eventuali letamazioni prima dell'aratura: 300-500 q/ha																								
Livello produzione media: 3.000 kg/ha																									

Girasole

	Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali	Aratura + fresatura + concimazione	Semina					Rincalzatura												Raccolta			
Azoto (kg/ha)	80																					80
Fosforo (kg/ha)	80																					80
Note:																						
Livello produzione media: 3.000 kg/ha																						

Colza

	Sett.			Ott.			Nov			Dic			Gen			Feb			Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali		Aratura + fresatura + concimazione	Semina													Concimazione					Concimazione									Raccolta			
Azoto (kg/ha)		50															50					50											150
Fosforo (kg/ha)		80																															80
Note:																																	
Livello produzione media: 3.000 kg/ha																																	

Prato permanente

	Gen			Feb			Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			Ott.			Nov			Dic			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali					Letamazione 300 q /ha			Concimazione						1° sfalcio per prod. fieno		Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha	Concimazione		2° sfalcio per prod. fieno	Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha	Letamazione 300 q /ha		3° sfalcio per prod. fieno	Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha					sfalcio per prod. erba verde							
Azoto (kg/ha)					90			40									40				90															260
Fosforo (kg/ha)								40									40																			80
Note:	Nel periodo autunnale vi può essere un quarto sfalcio o un taglio di erba verde o un pascolamento che si può prolungare fino a dicembre																																			
Livello produzione media: 10.000 kg/ha di s.s.																																				

Prato avvicendato (1° anno)

	Gen			Feb			Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			Ott.			Nov			Dic			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali							Aratura + Fresatura + Letamazione (300 q /ha)	Semina						1° sfalcio per prod. fieno/rinet-tamento		Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha	Concimazione		2° sfalcio per prod. fieno	Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha	Letamazione 300 q /ha		3° sfalcio per prod. fieno	Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha					Sfalcio per prod. erba verde							
Azoto (kg/ha)							90	40									40																			170
Fosforo (kg/ha)								40									40																			80
Note:																																				
Livello produzione media: 10.000 kg/ha di s.s.																																				

Erba medica (1° anno)

	Gen			Feb			Mar			Apr			Mag			Giu			Lug			Ago			Set			Ott.			Nov			Dic			TOT.
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	
Lavorazioni e tecniche colturali							Aratura + Fresatura	Semina						1° sfalcio per prod. fieno/rinet-tamento		Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha			2° sfalcio per prod. fieno	Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha			3° sfalcio per prod. fieno	Irrigazione scorrimento 1500 mc/ha					Sfalcio per prod. erba verde							
Azoto (kg/ha)																																				0
Fosforo (kg/ha)								100																												100
Note:																																				
Livello produzione media: 8.000 kg/ha di s.s.																																				

APPENDICE 4

Ipotesi di rotazioni colturali

FOSSANO (territorio comunale)	**Az. grandi - non zootecniche**				
	% su S.A.U. + pioppo	% su Sup. in avvicendamento	% su Sup. > del 4%	% subtotali	Rapporti
Frumento	15.7	19.9	21.8	29.8	6
Altri vernini	5.7	7.2	7.9		
Mais granella	37.7	47.9	52.5	52.5	11
Mais trinciato	1.02	1.3			
Altri cereali	0.2	0.3			
Prato avvicendato	3.9	5.0	5.4		
Medica	0.1	0.1			
Erbai	0.2	0.3			
Girasole	0.2	0.3			
Proteaginose (tra cui fagiolo secco)	3.3	4.2	4.6	4.6	1
Soia	5.6	7.1	7.8	7.8	2
Orticole	2.9	3.7			
Set-aside	2.2	2.8			
Percentuale sup. in avvicendamento	78.72	100.0	100.0		
Prati permanenti	1.7				
Frutteto	13				
Vite	0.4				
Pioppeti	5.9				
Altro	0.1				
S.A.U. + Pioppo					
TOTALE PERCENTUALE	99.82				
Rotazione (ipotesi senza prato avvicendato)	Mais, Mais, Frumento, Mais, Mais, Frumento, Mais, Mais, Fagiolo, Frumento, Mais,Mais, Soia, Frumento, Mais,Mais, Frumento, Soia, Mais, Frumento				

FOSSANO (territorio comunale)		**Az. grandi - con bovini**					
	Sup. ha	% su S.A.U. + pioppo	% su Sup. in avvicendamento	% su Sup. > del 4%	% subtotali	Rapporti	
Frumento	507	8.3	11.2	12.3	20	3	
Altri vernini	316	5.2	7.0	7.7			
Mais granella	1175	19.3	25.9	28.5	56.9	7	
Mais trinciato	1170	19.2	25.8	28.4			
Altri cereali	0	0.0	0.0				
Prato avvicendato	956	15.7	21.1	23.2	7.7	1	
Medica	95	1.6	2.1				
Erbai	60	1.0	1.3				
Girasole	0	0.0	0.0				
Proteaginose (tra cui fagiolo secco)	88	1.4	1.9				
Soia	56	0.9	1.2				
Orticole	26	0.4	0.6				
Set-aside	79	1.3	1.7				
Percentuale sup. in avvicendamento		74.4	100.0	100.0			
Prati permanenti	322	5.3					
Pascoli	1132	18.6					
Frutteto	84	1.4					
Vite	2	0.0					
Pioppeti	20	0.3					
Altro	0	0.0					
S.A.U. + Pioppo	6089						
TOTALE PERCENTUALE		100.0					
Ipotesi di rotazione per Fossano	Mais, Mais, Mais, Frumento, Mais, Mais,Mais, Frumento, Mais, Mais, Mais, Frumento, Mais, Mais, Mais, Prato avv., Prato avv., Prato avv.						

FOSSANO (territorio comunale)		**Az. grandi - con suini**				
	Sup. ha	% su S.A.U. + pioppo	% su Sup. in avvicendamento	% su Sup. > del 4%	% subtotali	Rapporti
Frumento	189	15.3	17.0	19.0	30.3	6
Altri vernini	112	9.0	10.1	11.3		
Mais granella	644	52.0	57.9	64.7	64.7	13
Mais trinciato	5	0.4	0.4			
Altri cereali	0	0.0	0.0			
Prato avvicendato	26	2.1	2.3			
Medica	0	0.0	0.0			
Erbai	0	0.0	0.0			
Girasole	5	0.4	0.4			
Proteaginose (tra cui fagiolo secco)	16	1.3	1.4			
Soia	39	3.2	3.5			
Orticole	21	1.7	1.9			
Riso	5	0.4	0.4			
Set-aside	50	4.0	4.5	5.0	5	1
Percentuale sup. in avvicendamento		89.8	100.0	100.0		
Prati permanenti	15	1.2				
Pascoli	2	0.2				
Frutteto	27	2.2				
Vite	0	0.0				
Pioppeti	68	5.5				
Altro	14	1.1				
S.A.U. + Pioppo	1238					
TOTALE PERCENTUALE		100.0				
Ipotesi di rotazione per Fossano	Mais, Mais, Frumento o altri cereali vernini					

FOSSANESE (escluso comune di FOSSANO)		**Az. grandi -non zootecniche**				
	Sup. ha	% su S.A.U. + pioppo	% su Sup. in avvicendamento	% su Sup. > del 4%		
Frumento	257	10.8	13.2	15.2	In avvicendamento	
Altri vernini	50	2.1	2.6			
Mais granella	966	40.4	49.5	57.2		
Mais trinciato	128	5.4	6.6	7.6		
Altri cerali	0	0.0	0.0			
Prato avvicendato	73	3.1	3.7			
Medica	25	1.0	1.3			
Erbai	2	0.1	0.1			
Girasole	26	1.1	1.3			
Proteaginose (tra cui fagiolo secco)	2	0.1	0.1			
Soia	335	14.0	17.2	19.8		
Orticole	16	0.7	0.8			
Set-aside	71	3.0	3.6			
Percentuale sup. in avvicendamento		81.7	100.0	99.9		
Prati permanenti	215	9.0				
Frutteto	29	1.2				
Vite	16	0.7				
Pioppeti	171	7.2				
Altro	5	0.2				
S.A.U. + Pioppo	2389	100.0				
TOTALE PERCENTUALE		99.9				
Ipotesi di rotazione per fossanese (tranne comune di Fossano)	Mais, Mais, Frumento, Mais, Mais, Soia					

FOSSANESE (escluso comune di FOSSANO)		**Az. grandi - con bovini**						
	Sup. ha	% su S.A.U. + pioppo	% su Sup. in avvicendamento	% su Sup. > del 4%	% subtotali	Rapporti		
Frumento	413	6.0	9.2	9.8	15.4	2	In avvicendamento	
Altri vernini	233	3.4	5.2	5.6				
Mais granella	1232	17.9	27.4	29.4	58.6	7		
Mais trinciato	1224	17.8	27.2	29.2				
Altri cerali	6	0.1	0.1					
Prato avvicendato	1086	15.8	24.1	25.9	8.6	1		
Medica	49	0.7	1.1					
Erbai	6	0.1	0.1					
Floricole	12	0.2	0.3					
Girasole	14	0.2	0.3					
Proteaginose (tra cui fagiolo secco)	11	0.2	0.2					
Soia	99	1.4	2.2					
Orticole	14	0.2	0.3					
Set-aside	104	1.5	2.3					
Percentuale sup. in avvicendamento		65.5	100.0	99.9				
Prati permanenti	1136	16.5						
Pascoli	1175	17.1						
Frutteto	8	0.1						
Vite	19	0.3						
Pioppeti	25	0.4						
Altro	10	0.1						
S.A.U. + Pioppo	6876							
TOTALE PERCENTUALE		100.0						
Ipotesi di rotazione per fossanese (tranne comune di Fossano)	Mais, Mais, Mais, Frumento, Mais, Mais,Mais, Frumento, Mais, Mais, Mais, Frumento, Mais, Mais, Mais, Prato avv., Prato avv., Prato avv.							

FOSSANESE (escluso comune di FOSSANO)		**Az. grandi - con suini**						
	Sup. ha	% su S.A.U. + pioppo	% su Sup. in avvicendamento	% su Sup. > del 4%	% subtotali	Rapporti		
Frumento	30	7.5	9.2	10.5	15.7	1	In avvicendamento	
Altri vernini	15	3.8	4.6	5.2				
Mais granella	242	60.5	74.2	84.4	84.4	5		
Mais trinciato	6	1.5	1.8					
Altri cerali	0	0.0	0.0					
Prato avvicendato	4	1.0	1.2					
Medica	0	0.0	0.0					
Erbai	0	0.0	0.0					
Floricole	0	0.0	0.0					
Girasole	0	0.0	0.0					
Proteaginose (tra cui fagiolo secco)	4	1.0	1.2					
Soia	12	3.0	3.7					
Orticole	0	0.0	0.0					
Set-aside	13	3.3	4.0					
	Percentuale sup. in avvicendamento	81.5	100.0	100.0				
Prati permanenti	38	9.5						
Pascoli	0	0.0						
Frutteto	0	0.0						
Vite	1	0.3						
Pioppeti	35	8.8						
Altro	0	0.0						
S.A.U. + Pioppo	400							
TOTALE PERCENTUALE		100.0						
Ipotesi di rotazione per fossanese (tranne comune di Fossano)	Mais, Mais, Mais, Mais, Mais, Frumento							

Percentuali su S.A.U. + pioppi							
Alessandrino		**Az. grandi - non zootecniche**					
	Sup. ha	% su S.A.U. + pioppo	% su Sup. in avvicendamento	% su Sup. > del 4%	Rapporti		
Frumento	2848	41.0	42.3	46.5	8	In avvicendamento	
Altri vernini	189	2.7	2.8				
Barbabietola (*Sugarbeet*)	489	7.0	7.3	8.0	1		
Mais granella	1299	18.7	19.3	21.2	4		
Mais trinciato	0	0.0	0.0				
Altri cerali	11	0.2	0.2				
Prato avvicendato	174	2.5	2.6				
Medica	23	0.3	0.3				
Erbai	11	0.2	0.2				
Girasole (*Sunflower*)	604	8.7	9.0	9.9	2		
Colza (*Rape)*	337	4.8	5.0	5.5	1		
Proteaginose	60	0.9	0.9				
Soia	11	0.2	0.2				
Orticole	138	2.0	2.0				
Floricole	4	0.1	0.1				
Set-aside	540	7.8	8.0	8.8	2		
Percentuale sup. in avvicendamento		96.9	100.0	99.9			
Prati permanenti	152	2.2					
Frutteto	3	0.0					
Vite	2	0.0					
Pioppeti	22	0.3					
Altro	36	0.5					
S.A.U. + Pioppo	6953						
TOTALE PERCENTUALE		100.0					
Rotazione	Frumento, Frumento, Mais, Girasole, Frumento, Frumento, Mais, Barbabietola, Frumento, Frumento, Mais, Colza, Frumento, Frumento, Mais, Girasole.						

Percentuali su S.A.U. + pioppi							

Alessandrino		**Az. grandi - zootecniche - bovini da carne**					
	Sup. ha	% su S.A.U. + pioppo	% su Sup. in avvicendamento	% su Sup. > del 4%	Rapporti		
Frumento	206	28.6	31.0	34.2	6	In avvicendamento	
Altri vernini	45	6.3	6.8	7.5	1		
Barbabietola (*Sugarbeet*)	26	3.6	3.9				
Mais granella	117	16.3	17.6	19.4	4		
Mais trinciato	3	0.4	0.5				
Altri cerali	0	0.0	0.0				
Prato avvicendato	33	4.6	5.0	5.5	1		
Medica	72	10.0	10.8	11.9	2		
Erbai	36	5.0	5.4	6.0	1		
Girasole (*Sunflower*)	23	3.2	3.5				
Colza (*Rape)*	9	1.3	1.4				
Proteaginose	0	0.0	0.0				
Soia	0	0.0	0.0				
Orticole	61	8.5	9.2	10.1	2		
Floricole	0	0.0	0.0				
Set-aside	33	4.6	5.0	5.5	1		
Percentuale sup. in avvicendamento		92.2	100.0	100.0			
Prati permanenti	56	7.8					
Frutteto	0	0.0					
Vite	0	0.0					
Pioppeti	0	0.0					
Altro	0	0.0					
S.A.U. + Pioppo	720						
TOTALE PERCENTUALE		100.0					
Rotazione	Frumento, Frumento, Mais, Prato avvicendato, Prato avvicendato, Prato avvicendato, Frumento, Frumento, Mais, Medica, Medica, Medica, Frumento, Frumento, Mais, Medica, Medica, Medica, Frumento, Frumento, Mais.						

NOTA: La rotazione proposta rappresenta una radicale semplificazione perché per il mantenimento dei rapporti evidenziati il frumento dovrebbe comparire 18 volte, il mais 12 volte e così via. La soluzione proposta indica soltanto che compaiono di tanto in tanto anche prati avvicendati e medicai. Le colture ortive non sono state prese in considerazione perchè molto variabili e legate a situazioni aziendali locali e congiunturali.