

RICERCA SANITARIA FINALIZZATA

n°377/A

*Valutazione della
contaminazione da amianto
nelle acque potabilizzate*

Composizione del Gruppo di Ricerca:

- Progettazione della ricerca:

dr. **Gabriele Fornaciai**^a (responsabile della ricerca)

dr. **Elisabetta Chellini**^b; dr. **Cristiana Sacco**^c; dr. **Eudes Lanciotti**^c dr. **Daniela Burrini**^d

- Raccolta bibliografica e definizione del protocollo di studio:

dr. **Gabriele Fornaciai**, dr. **Elisabetta Chellini**, dr. **Manila Cherubini**, dr. **Cristiana Sacco**

- Attività di campionamento:

dr. **Gabriele Fornaciai**, dr. **Manila Cherubini**, dr. **Francesco Mantelli**

- Analisi dei campioni in microscopia elettronica a scansione:

dr. **Manila Cherubini**

- Caratterizzazione idrochimica dei campioni:

dr. **Francesco Mantelli**

- Rielaborazione dati e considerazioni conclusive:

dr. **Gabriele Fornaciai**, dr. **Manila Cherubini**, dr. **Elisabetta Chellini**, dr. **Cristiana Sacco**,

dr. **Francesco Mantelli**, dr. **Eudes Lanciotti**, dr. **Daniela Burrini**.

a) ARPAT - Agenzia Regionale Protezione Ambientale della Toscana, Dipartimento provinciale di Firenze (ex SMPA dell'Azienda USL 10); b) Presidio di Prevenzione Oncologica, Azienda Ospedaliera Careggi, Firenze; c) Dipartimento di Sanità Pubblica, Epidemiologia e Chimica Analitica, Università degli Studi di Firenze; d) Acquedotto dell'Anconella, Firenze.

L'attività di ricerca è stata svolta presso l'ex SMPA dell'Azienda USL 10 di Firenze (attuale Dipartimento Provinciale ARPAT di Firenze) ed in particolare nel laboratorio di microscopia elettronica a scansione dell'unità di Chimica Ambientale IV per quanto riguarda la determinazione delle fibre di amianto nelle acque prelevate, e nel laboratorio dell'unità di Chimica Ambientale I per la caratterizzazione idrochimica dei campioni.

INDICE

	pag.
Introduzione	3
Caratteristiche generali dell'amianto	4
La contaminazione delle acque da amianto	4
Studi sulla contaminazione delle acque da amianto	6
Attività svolta nel 1° anno di ricerca	7
Attività svolta nel 2° anno di ricerca	8
Materiali e metodi	9
Individuazione e descrizione dei punti di campionamento	10
Determinazione delle fibre di amianto	22
Caratteri idrochimici e determinazione dell'aggressività	23
Risultati	24
Valutazione dei risultati e conclusioni	28
Bibliografia	30

INTRODUZIONE

Con il termine generico di amianto o asbesto viene indicato un gruppo di idrossisilicati presenti in natura in forma fibrosa. Per le sue peculiari caratteristiche di resistenza al calore, di isolamento termico ed elettrico, nonché per la possibilità di essere filato, l'amianto è stato uno dei materiali più utilizzati nel nostro secolo in molti settori, tra cui l'edilizia, la cantieristica navale, le industrie automobilistica, elettrica, chimica, tessile, alimentare. Quelle particolari proprietà che lo rendono un eccellente materiale meccanico, gli conferiscono però anche un'alta resistenza alla degradazione e alla rimozione biologica. E' ormai noto che l'inalazione delle sottilissime fibre causa patologie quali l'asbestosi, il carcinoma polmonare e il mesotelioma maligno principalmente della pleura e del peritoneo, tanto che l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro ha classificato l'amianto tra i materiali di gruppo 1, tra quelli, cioè, per i quali esistono sufficienti prove di cancerogenicità nei confronti dell'uomo [1].

L'ipotesi che l'amianto potesse avere effetti cancerogeni anche a livello dell'apparato digerente si è sviluppata all'inizio degli anni '70, con i primi tentativi di individuare il rischio legato all'ingestione di fibre veicolate da cibi, bevande, farmaci e soprattutto acqua potabile [2]. Le fibre, direttamente ingerite oppure inalate e quindi in parte inghiottite, raggiungerebbero gli organi dell'apparato gastroenterico e, penetrandone la parete, svolgerebbero la loro attività cancerogena risiedendo in loco per decine di anni, così come avviene nel tessuto polmonare [3]. Nonostante alcune ricerche abbiano riportato un'associazione positiva tra assunzione di acqua contaminata e insorgenza tumorale [4,5], "... non è stato associato alla presenza di fibre nell'acqua potabile un evidente eccesso di tumori ..." [1]; l'Organizzazione Mondiale della Sanità non ha quindi definito un valore di linea guida relativo alla presenza di amianto nelle acque potabili [6]. Anche in Italia l'amianto non è incluso tra i parametri concernenti la qualità delle acque destinate al consumo umano (DPR n°236 del 24/05/1988) [7].

Accurate revisioni degli studi epidemiologici sull'argomento [8,9], indicano quasi sempre un potere risolutivo delle indagini troppo basso per riuscire ad evidenziare il rischio legato all'ingestione di fibre. Comunque la veicolazione dell'amianto attraverso le acque costituisce una fonte di diffusione di questo contaminante nell'ambiente.

Caratteristiche generali dell'amianto

Con il nome di amianto si intende un gruppo di minerali a struttura fibrosa appartenenti ai serpentini e agli anfiboli. Si distinguono la famiglia del serpentino, con il crisotilo come principale rappresentante, costituente da solo circa il 98% dell'amianto mondiale estratto, e la famiglia degli anfiboli, con cinque varietà principali di minerali: crocidolite, amosite, tremolite, antofillite e actinolite.

I serpentini sono rocce generalmente di colore verde, prodotte dal metamorfismo delle peridotiti, rocce ultrabasiche di natura magmatica. Il crisotilo o amianto bianco, che riempie le litoclasti dei serpentini con un denso intreccio di fibre, è formato prevalentemente da silicato di magnesio idrato ed ha formula $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$.

Gli anfiboli appartengono agli inosilicati, silicati il cui reticolo cristallino è costituito da catene doppie di tetraedri SiO_4 . Crocidolite ed amosite sono due tipi di amianto di anfibolo poco diffusi (<1%); presentano un'ottima termoresistenza, ma minore possibilità di essere tessuti rispetto al crisotilo. Il primo, di aspetto finemente fibroso, per il colore azzurro caratteristico è chiamato anche amianto blu ed ha formula $Na_2(Fe^{II})_3(Fe^{III})_2(Si_8O_{22})(OH)_2$. Il secondo, con analoga struttura fibrosa, presenta un colore marrone chiaro, $(Mg,Fe)_7(Si_8O_{22})(OH)_2$. Di scarso rilievo commerciale sono gli altri tre inosilicati, la tremolite, l'antofillite e l'actinolite.

La contaminazione delle acque da amianto

Gli studi effettuati negli Stati Uniti e in Canada su acque grezze e potabili rivelano come la presenza di amianto non sia un fenomeno raro. Sebbene i livelli di concentrazione siano normalmente inferiori ad 1 MFL (MFL = milioni di fibre/litro), si sono verificati casi in cui venivano superati i 1000 MFL. Gli episodi di inquinamento sono stati associati a tre principali fonti di contaminazione (di origine naturale, di origine industriale, legata alla presenza di tubazioni in cemento-amianto negli acquedotti) oltre che a cause minori.

- Inquinamento naturale: può verificarsi in acque di sorgente o di fiume che scorrono in bacini costituiti da formazioni geologiche contenenti mineralizzazioni ad amianto. Sebbene l'amianto sia insolubile in acqua, esso può essere mobilizzato dall'alterazione naturale della matrice rocciosa e dall'erosione operata dalle acque sia meteoriche che fluviali. Il fenomeno è stato frequentemente osservato in alcune aree del Canada e degli Stati Uniti [4,5,10,11].

- Inquinamento da attività industriale: è generalmente prodotto dallo scarico in laghi e fiumi di acque di lavaggio o rifiuti di scarto, non opportunamente trattati, provenienti da

industrie impiegate nel “settore amianto”, oppure dallo scorrimento di acque nei pressi di cave ed attività estrattive [12,13,14]. Poiché è molto diffuso l’impiego dell’amianto nella lavorazione di molti manufatti, possono verificarsi rilasci di basse concentrazioni di fibre in innumerevoli scarichi industriali.

- Acque condottate con tubi in cemento-amianto: moltissimi acquedotti in tutto il mondo, per un totale di circa 2'500'000 Km di tubazioni, sono stati costruiti utilizzando tubazioni in cemento-amianto (C-A), un materiale dalle ottime caratteristiche meccaniche costituito in alta percentuale da materiale legante (silicati e alluminati di calcio idrati, idrossido di calcio) e, per circa il 15 %, da materiale inerte (fibre di amianto, prevalentemente crisotilo e/o crocidolite e amosite). Si stima che in Italia, dove sono stati impiegati tubi in C-A fino dal 1916, siano stati installati 125'000 Km di tubazioni, un quantitativo di materiale superato solo dagli USA (560'000 Km) e dalla Gran Bretagna (257'000) [15]. In molte città italiane e soprattutto in paesi e piccoli comuni troviamo ancora oggi condotte in cemento-amianto messe in opera, in particolare, verso gli anni '60 - '70.

Si ritiene che, qualora il tubo si mantenga integro, non esista un rischio reale di cessione di fibre di amianto all’acqua condottata, specialmente in quei casi in cui si forma uno strato protettivo di carbonato di calcio sulla sua superficie interna. I problemi possono però sopraggiungere in caso di fessurazione del tubo (ad es. per gelo e disgelo, movimenti del terreno, ecc.) o di solubilizzazione della matrice cementizia che tiene normalmente legate le fibre. La struttura microcristallina del legante, infatti, presenta una porosità del 10-20 %; i pori contengono acqua in equilibrio con l’idrossido di calcio. Se questo equilibrio si altera a causa della solubilizzazione dell’idrossido di calcio attraverso i pori, il materiale della condotta va incontro a deterioramento (graduale dissoluzione dell’idrossido di calcio, aumento di porosità del materiale, progressiva dissoluzione dei silicati e alluminati di calcio idrati) con perdita delle caratteristiche strutturali della tubazione e rilascio delle fibre di amianto [16]. Questo fenomeno può verificarsi quando l’acqua presenta una composizione chimica tale da conferirle una certa aggressività. A differenza delle acque “incrostanti”, che sono in grado di depositare carbonato di calcio, quelle aggressive possono avere azione corrosiva e conseguentemente determinare il deterioramento delle condotte metalliche e cementizie. In Italia l’impiego della crocidolite nelle tubazioni destinate al trasporto di acque potabili aggressive è stato vietato con l’ordinanza ministeriale del 26/6/86 [17]. Non tutti però concordano nel ritenere l’aggressività un fattore determinante per il rilascio delle fibre, dal momento che questo può risultare cospicuo anche in acque non aggressive [18].

La cessione di fibre dalle tubazioni dipende, oltre che dal tipo di acqua condottata, dall'età della condotta e dal suo stato di conservazione, ed è maggiore quanto più è lungo il tempo di ristagno dell'acqua [14,19,20].

Mentre le contaminazioni di origine naturale e industriale possono essere contenute mediante adeguati trattamenti (flocculazione e filtrazione abbattano il contenuto di fibre/litro del 99,9 %) [21,22], più difficile è individuare e risolvere quei problemi che insorgono "a valle" degli impianti di potabilizzazione, lungo le reti idriche dotate di tubazioni in C-A. Generalmente è possibile distinguere le fibre derivanti dal deterioramento del cemento-amianto da quelle di origine naturale, per le maggiori dimensioni delle prime.

- Fonti minori di inquinamento: in episodi isolati sono state rilevate concentrazioni elevate di fibre in acque piovane raccolte dopo il passaggio su tegole in cemento-amianto, oppure in acque di superficie per ricaduta di fibre sospese in aria [23].

Studi sulla contaminazione delle acque da amianto

La maggior parte degli studi sull'inquinamento delle acque da amianto è stata effettuata in Stati Uniti e Canada. Più dell'80 % delle città esaminate negli USA si serve di acque potabili con meno di 1 MFL e circa l'8 % con più di 10 MFL. Ci sono però episodi di contaminazione in cui si raggiunge il migliaio di MFL [14,23]. Da un monitoraggio compiuto sulle principali acque potabili canadesi si stima che il 5 % della popolazione riceva acque con più di 1 MFL e lo 0,6 % con più di 100 MFL [24]. Il problema si presenta molto meno studiato in Europa, anche per l'attività estrattiva molto limitata; in Italia, l'unica miniera produttiva (Balangero, TO) è stata chiusa alla fine degli anni '80. L'inquinamento delle acque da amianto tuttavia, pur avendo prevedibilmente dimensioni inferiori rispetto a quelle riscontrate negli stati nordamericani, potrebbe essere legato ad attività industriali o al rilascio dalle condotte in C-A presenti in numerose reti idriche. I dati attualmente disponibili sono così lacunosi e frammentari che non ci permettono una visione globale chiara della situazione europea. Accenniamo solo ad alcune indagini svedesi, ad esempio, che hanno riportato valori anche di 3,6 MFL, difficilmente attribuibili però al rilascio da parte di tubazioni in cemento-amianto [14]. Valori simili sono stati riscontrati in alcune acque ad elevata aggressività della Gran Bretagna: le concentrazioni arrivavano in questo caso a più di 2,2 MFL [14]. Sono stati pubblicati anche altri lavori europei nei quali i livelli di inquinamento sono sempre risultati inferiori a quelli delle acque americane (es. Olanda: 0,01-0,24 MFL, Germania: 0,005-0,4 MFL) [24].

Per quanto concerne la situazione italiana le informazioni disponibili riguardano alcuni acquedotti del Veneto e in particolare delle province di Venezia, Padova e Rovigo. Le acque potabili prese in esame sono di origine superficiale, con caratteristiche moderatamente aggressive, oppure sotterranee e moderatamente incrostanti. Le analisi hanno evidenziato concentrazioni di fibre lunghe (lunghezza $>10 \mu\text{m}$) assai modeste e comunque sempre inferiori a 2 MFL [25].

L'Istituto Superiore di Sanità ha promosso alcune iniziative al fine di acquisire dati relativi alle situazioni italiane più rappresentative; in questo ambito è da collocare anche la presente ricerca, condotta nel biennio 1995-1996. Si riporta qui di seguito uno schema dell'attività svolta durante il 1° e il 2° anno di lavoro:

ATTIVITÀ SVOLTA NEL 1° ANNO DI RICERCA

- Inquadramento e comprensione del “problema amianto” nelle acque potabili attraverso una revisione della letteratura scientifica italiana e internazionale

- Definizione del protocollo dello studio con:

- reperimento di informazioni riguardanti gli acquedotti toscani, con particolare interesse verso le notizie relative alle caratteristiche geologiche delle aree di approvvigionamento, ai trattamenti di potabilizzazione, alla qualità delle acque trattate (aggressività), ai materiali edilizi utilizzati per le tubazioni;

- messa a punto della metodica analitica.

- Analisi dei primi campioni di acque prelevate nell'area di Firenze.

ATTIVITÀ SVOLTA NEL 2° ANNO DI RICERCA

- Individuazione dei punti di campionamento nelle aree in cui siano state riscontrate una o più caratteristiche tra le seguenti:
 - a) presenza nella rete acquedottistica di tubature in cemento-amianto
 - b) acque con caratteristiche di aggressività
 - c) acquiferi costituiti da formazioni geologiche a serpentini
 - d) acquedotti che servono un numero elevato di abitanti

- Campionamento delle acque selezionate previo accordo con gli operatori dell'ente gestore dell'acquedotto interessato

- Analisi dei campioni:
 - determinazione della presenza di fibre di amianto (analisi qualitativa e quantitativa) mediante microscopia elettronica a scansione e microsonda a dispersione di raggi X
 - determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque al fine di valutarne l'aggressività

- Valutazione della qualità del metodo di indagine: confronto tra i risultati ottenuti analizzando alcuni campioni sia mediante la microscopia elettronica a scansione (SEM) sia mediante quella a trasmissione (TEM)

- Esame dei dati ottenuti e riflessioni conclusive

MATERIALI E METODI

La ricerca ha lo scopo di fornire un primo quadro sulla presenza di amianto nelle acque potabili della regione e di individuare le eventuali fonti di contaminazione. I criteri che hanno consentito di individuare i campioni di acque prelevate sono i seguenti:

- A) presenza nella rete acquedottistica di tubature in cemento-amianto
- B) acque con caratteristiche di aggressività
- C) acquiferi costituiti da formazioni geologiche a serpentini
- D) acquedotti che servono aree altamente popolate

A) Presenza nella rete acquedottistica di tubature in cemento-amianto

La principale fonte informativa utilizzata è rappresentata dal censimento degli acquedotti effettuato per autonotifica dall'Ufficio Ambiente della Regione Toscana negli anni '93-'94, in base al DM del 13/12/91 [26]. Dall'Ufficio Ambiente sono state rese disponibili le singole schede di autonotifica da cui sono state ricavate notizie circa la presenza di tubazioni in cemento-amianto, l'epoca di installazione e la lunghezza delle condotte, la fonte di provenienza delle acque. Le informazioni ricavate sono relative al 48 % dei comuni toscani, corrispondenti ad un'estensione territoriale del 61 % rispetto all'intera regione (Tabella I). Non esistono quindi informazioni complete disponibili sulla presenza di tubature in cemento-amianto nelle reti idriche, dal momento che installazioni e sostituzioni non vengono solitamente registrate; spesso un valido aiuto è stato fornito direttamente dai tecnici dei vari acquedotti.

B) Acque con caratteristiche di aggressività

L'aggressività è attualmente indicata come il parametro correlato al rischio di cessione di fibre dalle tubature in cemento-amianto secondo la normativa italiana [27]. Le acque di tipo aggressivo, possono interessare acquedotti costruiti con tubazioni in questo materiale e quindi aumentare la probabilità di immissione in circolo delle fibre. Proprio perché in alcuni casi non è conosciuto il materiale con cui sono fabbricate le tubazioni, queste acque costituiscono una matrice di indagine preferenziale.

C) Acquiferi costituiti da formazioni geologiche a serpentini

E' ipotizzabile che una significativa fonte di amianto di origine naturale in Toscana provenga dai serpentini. Queste rocce sono frequentemente diffuse nelle ofioliti, rocce magmatiche prodotte prevalentemente da eruzioni sottomarine e successivamente trasportate in zone

Tabella I: Percentuali dei comuni esaminati nel censimento degli acquedotti, e delle corrispondenti estensioni territoriali, relativamente alla rispettiva provincia e all'intera regione.

	Percentuale dei comuni esaminati in ciascuna area	Percentuale di territorio esaminato in ciascuna area
AREZZO	28	42
FIRENZE	63	70
GROSSETO	89	90
LIVORNO	30	50
LUCCA	26	25
MASSA	18	30
PISA	44	54
PISTOIA	55	56
PRATO	86	84
SIENA	61	68
<i>Toscana</i>	<i>48</i>	<i>61</i>

continentali in seguito all'attività orogenetica che ha portato al sollevamento dell'Appennino. Le ofioliti si presentano in modo diverso per composizione mineralogica: esse sono formate da peridotiti, diabasi e serpentini. Un sistema roccioso costituito da ofioliti può presentare in tutto o in parte un'ingente massa di serpentini, disposti spesso in modo irregolare nella massa rocciosa. In Toscana vi sono vari corpi rocciosi costituiti da serpentini. Gli affioramenti più importanti sono localizzati nei pressi di Larderello (Pisa), sulle colline livornesi e all'Isola d'Elba (Livorno), mentre si riscontrano corpi isolati di serpentini nel Monte Ferrato presso Prato, sulle colline dell'Impruneta (Firenze), a sud di Siena nei pressi di Murlo, nei Monti Rognosi presso Arezzo e in alcune zone nei dintorni di Montaione (Firenze).

In questo lavoro non è stato approfondito lo studio sulla presenza di amianto eventualmente proveniente da queste fonti ritenendo al momento prioritaria l'indagine sulla cessione delle tubazioni in C-A. Sono stati tuttavia prelevati alcuni campioni da acquiferi che sono interessati da formazioni a serpentini.

D) Acquedotti che servono aree altamente popolate

Si è ritenuto utile effettuare i prelievi lungo quegli acquedotti localizzati in aree ad alta densità di popolazione, in cui un eventuale rischio da amianto potrebbe riguardare un numero di persone più elevato. Sono state prese in esame, in particolare, le città capoluogo di provincia.

INDIVIDUAZIONE E DESCRIZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO

Le scelte effettuate hanno consentito di individuare 59 punti di campionamento. Le aree interessate dallo studio sono evidenziate in figura 1. I prelievi sono stati effettuati nel biennio 1995-1996, frequentemente "a monte" e "a valle" della possibile fonte di inquinamento, così da poter capire *se* e *come* le caratteristiche dell'acqua siano state modificate. Per ciascun sito l'acqua raccolta è stata analizzata sia per determinare la presenza di fibre di amianto, sia per la caratterizzazione idrochimica.

In tabella II sono presentate in modo schematico le caratteristiche degli acquedotti delle aree in studio, così come risulta dai dati ottenuti dall'Ufficio Ambiente della Regione. A fianco della denominazione di ciascun punto di prelievo sono anche riportate le motivazioni che hanno guidato la scelta di quel particolare campione.

Figura 1: territorio della regione Toscana (in tratteggio) nel quale sono stati eseguiti i prelievi di acqua potabile per il controllo della presenza di fibre di amianto.

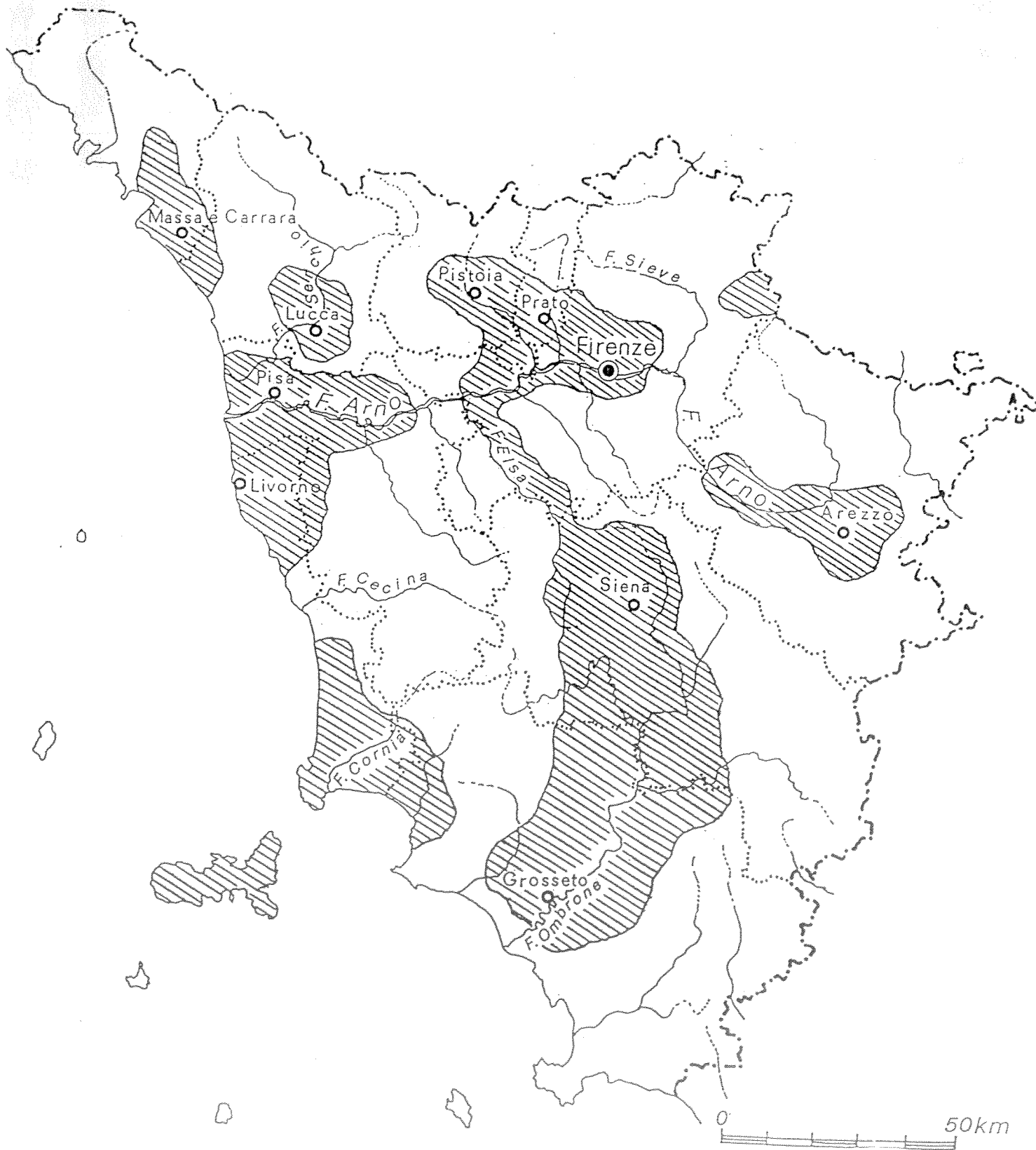


Tabella II: Caratteristiche degli acquedotti (con parti in C-A) delle aree in studio e di ciascun punto di campionamento

		CARATTERISTICHE DEGLI ACQUEDOTTI			PUNTI DI CAMPIONAMENTO	CRITERI DI SCELTA USATI (*)					
		Lunghezza rete idrica (Km)	Lunghezza tubazioni in C-A (Km) e % rispetto ai Km totali	Anno di costruzione		A)	B)	C)	D)	E)	
AREZZO	Arezzo	260	n.n.	n.n.	- La Fortezza - Porta San Clemente	x				x	x
	Montevarchi	60	n.n.	1976	- Località Pestello	x					
FIRENZE	Firenze	ca. 1.000	ca. 10 (1%)	'60-'70	- Uscita impianto Anconella					x	x
					- Viale Redi (ang. v. Fontana)	x				x	x
					- Viale Redi (ang. v. Mariti)					x	x
					- Via Locchi	x				x	x
					- Via Giolitti					x	x
	- Via Tripoli					x	x				
- Via San Gallo							x	x			
San Godenzo	n.n.	n.n.	n.n.	- Frazione Castagneto						x	
Scandicci	60	25 (42%)	1975	- Ponte a Moretto - Olmo	x				x		
Empoli	250	n.n.	'60	- Centrale Castelluccio - Sovigliana	x					x	
Castelfiorent.	n.n.	n.n.	n.n.	- Centrale Roosevelt						x	
Montalione	n.n.	n.n.	n.n.	- Gambassi, La Striscia				x			
GROSSETO	Grosseto	n.n.	n.n.	n.n.	- Centro cittadino					x	x
	Acquedotto del Fiora	n.n.	n.n.	n.n.	- Sorgente Fiora - Marsiliana		x				x
LIVORNO	Livorno	66,5	37 (56%)	1975	- Pozzi di Filettole						x
		37,3	36,3 (97%)	1956	- Porto	x					x
		293	61,5 (21%)	1975	- Centro cittadino	x					x
	Piombino	132	75 (57%)	1930	- Campo all'Olmo - Calamoresca						x
	Isola d'Elba	n.n.	n.n.	n.n.	- Portoferraio, San Rocco - Porto Azzurro - Marciana Marina - Deposito di Marciana - Morione	x			x		x
LUCCA	Lucca	n.n.	n.n.	n.n.	- Centro cittadino					x	
MASSA	Massa	30	3,5 (12%)	1928	- Sorgente Cartaro		x				x
		423	n.n.	1928	- Centro cittadino	x	x			x	
	Carrara	117,5	n.n.	1972	- Sorgente Ratto		x				x
					- Sorgente Torano	x	x			x	x
Aulla	n.n.	n.n.	n.n.	- Avenza, tubatura nuova	x	x					
				- Avenza, tubatura vecchia	x	x			x		
PISA	Pisa	22	22 (100%)	1969	- Pozzi di Filettole						x
		400	n.n. (**)	n.n.	- Piazza dei Miracoli	x				x	
	Montopoli V.no	32	32 (100%)	1976	- Pozzi di Vaiano - San Romano	x					x
PISTOIA	Pistoia	850	n.n.	1936	- Centrale di Prombiolla	x					x
					- Piazza S. Francesco					x	
	- Centrale di Pontelungo	x				x					
Montale	15	n.n.	1975	- Fognano						x	
	45	n.n.	1971	- Stazione	x						
PRATO	Prato	450	11 (2,5%)	1935	- Via del Ferro, inizio - Via del Ferro, fine - Monte Ferrato	x			x	x	
SIENA	Acquedotto del Vivo	n.n.	n.n.	n.n.	- Sorgente Ermicciolo		x				x
					- Poggio d'Arna		x				x
	- Presa per Monteroni	x	x								
- Ponte d'Arbia	x	x									
Colle Val d'Elsa	10	10 (100%)	1900-1930	- Scarna						x	
	95	n.n.	1964	- Viale dei Mille	x						
Poggibonsi	n.n.	n.n.	n.n.	- Invaso Cepparello - Viale Marconi						x	

(*) Criteri usati per la scelta dei punti di campionamento:

A) Presenza di tubature in cemento-amianto; B) Acque con particolari caratteristiche di aggressività; C) Presenza di formazioni geologiche a serpentini; D) Aree altamente popolate; E) Campione scelto come controllo

(**) n.n.: non noto

Qui di seguito vengono descritti più dettagliatamente i singoli siti di campionamento, suddivisi per province. Dopo una breve descrizione delle caratteristiche degli acquedotti locali, si riportano in carattere sottolineato le denominazioni dei singoli punti di prelievo.

PROVINCIA DI AREZZO

Arezzo - Pur sapendo che esistono tubazioni in A-C nella rete idrica cittadina, non si hanno informazioni relative alla loro collocazione sul territorio. I punti di prelievo sono stati quindi scelti, secondo le indicazioni dei tecnici dell'acquedotto, all'entrata e all'uscita della rete.

- Rete di distribuzione idrica urbana: in cemento-amianto, acciaio, ghisa, ghisa sferoidale con cemento e materiali plastici. Totale: 260 Km.

- La Fortezza - L'acqua prelevata è in uscita dal deposito "La Fortezza".
- Porta San Clemente - Acqua prelevata da una fonte pubblica.

Montevarchi - L'acqua condotta nel comune di Montevarchi viene prelevata per intero da pozzi e distribuita anche attraverso tubazioni in cemento-amianto.

- Acquedotto comunale: in cemento-amianto, acciaio, ghisa e materiali plastici (dal 1976).

Totale: 60 Km

- Località Pestello - L'acqua prelevata in località Pestello proviene da un serbatoio di raccolta.

PROVINCIA DI FIRENZE

Firenze - L'acqua potabile distribuita a Firenze è ottenuta per trattamento delle acque del fiume Arno operato dai due impianti di potabilizzazione: quello dell'Anconella, che copre circa l'85% del fabbisogno cittadino, e quello di S. Maria a Mantignano.

La rete di distribuzione idrica, lunga circa 1'000 Km, è costituita in prevalenza da tubazioni in ghisa grigia o ghisa sferoidale. Le tubazioni in cemento-amianto, in genere di 100-300 mm di diametro, sono state installate negli anni '60-'70. Sono ancora presenti solo in alcuni punti isolati della città e per brevi tratti, per un totale di poche decine di chilometri. I prelievi sono stati effettuati in aree della città considerate a rischio (per la presenza di tubazioni in cemento-amianto) e in altre di "controllo".

Grazie alle indicazioni dei tecnici dell'acquedotto si sono individuati due punti della rete di distribuzione in cui sono presenti tubazioni in A-C. Purtroppo non è possibile conoscere con esattezza il percorso dell'acqua all'interno della complessa "rete" di tubi che servono la città. Tale percorso è infatti determinato dalle richieste degli utenti, nel senso che l'acqua scorre preferenzialmente verso le zone in cui la richiesta è maggiore.

I siti di campionamento scelti sono 7:

- Uscita impianto Anconella - L'acqua in uscita dall'impianto ha subito una serie di trattamenti per la potabilizzazione (filtrazione, decantazione, clorazione, ozonizzazione, ecc.).
- Viale Redi, angolo via Mariti - Il prelievo è effettuato da una fonte di un giardino pubblico. L'acqua non proviene da tubi in A-C. Si può considerare "a monte" rispetto a quella di viale Redi, angolo via Fontana.
- Viale Redi, angolo via Fontana - Il prelievo è effettuato da un fontanello dell'acquedotto, a metà di un tubo in A-C che percorre viale Redi (circa 100-200 m). Il campione viene raccolto a metà della tubazione e non ad una delle estremità per avere la sicurezza, viste le incertezze sul percorso dell'acqua distribuita, che ne abbia attraversato almeno un tratto.
- Via Locchi - Si preleva da un fontanello dell'acquedotto. L'acqua proviene da un tubo in ghisa, dopo essere però passata da tubi in A-C presenti nelle vicinanze.
- Via Giolitti - Punto scelto come controllo.
- Via Tripoli - Punto scelto come controllo.
- Via San Gallo - Punto scelto come controllo.

San Godenzo - L'acquedotto risulta sprovvisto di tubazioni in A-C.

- Frazione Castagneto - L'acqua raccolta scorre in tubi costruiti in materiale plastico, nell'acquedotto che serve Castagneto e un'altra piccola frazione.

Scandicci - L'acqua distribuita a Scandicci (oltre a quella dei pozzi della "Pesa Vecchia" e della "Marzoppina") proviene principalmente dall'acquedotto di Firenze. Viene raccolta da due centrali e poi condotta sul territorio.

- Rete di distribuzione idrica: in cemento-amianto, acciaio e ghisa sferoidale con cemento.

Su 60 Km totali ---> 25 Km in A-C (42%)

- Ponte a Moretto - Prelievo effettuato da un fontanello in località Ponte a Moretto. L'acqua proviene dalla centrale Pesa Nuova, a sua volta rifornita dall'acquedotto di Firenze.

- Olmo - Acqua prelevata da un fontanello in località Olmo, a circa 2 Km da Scandicci. L'acqua raccolta proviene da un'altra centrale, anch'essa approvvigionata dall'acquedotto di Firenze. Sia questo prelievo che il precedente sono quindi da considerarsi "a valle" delle tubazioni in A-C; per l'acqua in ingresso in rete ci si riferisce invece a quella di Firenze.

Empoli - Le acque erogate sono prevalentemente di origine sotterranea. I pozzi sono localizzati nei sedimenti pliocenici e quaternari del bacino dell'Arno. Le acque presentano durezza compresa fra 35 e 60°F e presentano un elevato contenuto in ammonio, ferro e manganese.

- Rete di distribuzione idrica: in cemento-amianto, acciaio, materiali plastici. Totale: 245 Km.

- Centrale Castelluccio - Acqua in uscita dalla centrale. Punto scelto come controllo.
- Sovigliana - L'acqua raccolta ha percorso un tratto di tubazioni in cemento-amianto.

Castelfiorentino - Le acque utilizzate nella zona sono esclusivamente di tipo sotterraneo. Il fiume Elsa, al momento, non è impiegato per ricavare acque a scopo potabile per l'alto contenuto in solfati (fino a 700 mg/l). Le acque che alimentano la quasi totalità degli acquedotti della valdelsa fiorentina provengono quindi da acquiferi localizzati nei sedimenti quaternari e pliocenici del bacino dell'Elsa; queste acque sono caratterizzate da durezza frequentemente superiore a 50°F (fino anche a 79°F) e da elevato contenuto in ferro e manganese, talvolta in solfati e magnesio.

- Centrale Roosevelt - Acqua in uscita dalla centrale. Punto scelto come controllo.

Montaione - Le acque distribuite nella zona hanno le caratteristiche già specificate per Castelfiorentino. Contengono elevate concentrazioni in magnesio, ferro e manganese.

- Gambassi, La Striscia - L'acquedotto della Striscia è ritenuto di interesse in questa ricerca dal momento che attinge da alcuni acquiferi costituiti da serpentini. Ci potrebbe quindi essere cessione di amianto di origine naturale per alterazione di tali serpentini.

PROVINCIA DI GROSSETO

Grosseto - Non si hanno informazioni precise circa la distribuzione delle tubazioni in cemento-amianto in città. Tuttavia si ritiene utile effettuare un campionamento di controllo.

- Centro cittadino - Campione di controllo prelevato da un'utenza nel centro cittadino.

Fiume Fiora - Il fiume Fiora nasce sul monte Amiata e percorre il basso grossetano, prima di gettarsi nel mare all'altezza di Montalto di Castro. L'acquedotto che alimenta serve numerosi paesi della Maremma. Le acque del Fiora, per le particolari condizioni di pH, fanno presumere alti valori di aggressività e si rivelano quindi particolarmente interessanti per lo studio.

- Sorgente del Fiora - L'acqua è raccolta alla sorgente, sul Monte Amiata, prima di ogni trattamento di potabilizzazione.
- Marsiliana - L'acqua campionata proviene dal rubinetto di un'utenza servita dall'acquedotto del Fiora.

PROVINCIA DI LIVORNO

Livorno - Livorno è risultata, secondo il censimento degli acquedotti, una delle città a maggior rischio di inquinamento da fibre di amianto. Sono infatti presenti in città e nei comuni limitrofi numerosi chilometri di condutture in fibro-cemento, installate 20 o 40 anni fa:

- Acquedotto "Filettole": in cemento-amianto, acciaio e ghisa. Serve i comuni di: Livorno; Vecchiano, fraz. Filettole (PI); Pisa, fraz. Marina di Pisa; Tirrenia (dal 1975).

Su 66,5 Km totali ---> 37 Km in A-C (56%)

- Acquedotto "Mortaiolo" : in cemento-amianto e acciaio. Serve i comuni di: Livorno; Collesalveti (dal 1956).

Su 37,3 Km totali ---> 36,3 Km in A-C (97%)

- Rete di distribuzione idrica: in cemento-amianto, acciaio, ghisa e materiali plastici. Serve i comuni di: Livorno, Collesalveti, Rosignano Marittimo (dal 1975).

Su 293 Km totali ---> 61,5 Km in A-C (21%)

- Pozzi di Filettole (PI) - I pozzi di Filettole (PI), in attività dal 1912, prelevano acqua da 30 m di profondità e servono in gran parte la città di Livorno e, in minor percentuale, la città di Pisa. Le condotte principali per Livorno (da 400 e 800 mm di diametro) sono in A-C e

decorrono per diversi chilometri (vedi suddetta rete di distribuzione idrica). L'acqua raccolta si considera "a monte" rispetto a quella di Livorno città (porto e centro cittadino).

- Porto - Il prelievo è stato effettuato da un fontanello del porto di Livorno.
- Centro cittadino - Il prelievo è stato effettuato dal rubinetto di un ristorante cittadino.

Piombino - Secondo il censimento degli acquedotti effettuato dalla Regione Toscana, Piombino è la città che presenta il più alto chilometraggio di tubazioni in A-C. L'acqua distribuita, proveniente dalla Val di Cornia, passa dai pozzi di raccolta di Campo all'Olmo al deposito, dal quale parte una rete di tubi che serve il territorio comunale. Solo le due condotte principali, che collegano Campo all'Olmo e il deposito, sono ancora in cemento-amianto, mentre le altre sono state progressivamente sostituite; in centro si trovano oggi solo tubi in ghisa e PEHD.

- Acquedotto di Piombino: in cemento-amianto, acciaio, ghisa e materiali plastici (dal 1930).

Su 132 Km totali ---> 75 Km in A-C (57%)

- Campo all'Olmo - Si trova a monte di Piombino. L'acqua, che da qui parte in direzione della città, è stata raccolta da un fontanello. Nei pressi dei pozzi è ben visibile un deposito di 20-30 tubi in cemento-amianto accatastati all'aria aperta. Alcuni dei tubi appaiono nuovi, altri usati e sostituiti.
- Calamoresca - Acqua prelevata da una fonte pubblica situata al termine di una tubazione in A-C lunga una decina di Km.

Isola d'Elba - L'acqua distribuita nei vari comuni dell'Isola d'Elba proviene in parte dalla condotta sottomarina che giunge dalla Val di Cornia, in parte da pozzi locali. Con il turismo estivo però l'aumentata richiesta di acqua viene in parte arginata con l'utilizzo di serbatoi mobili. Gli acquedotti locali sono ancora forniti di un discreto quantitativo di tubazioni in cemento-amianto. In più sull'isola si trovano estesi giacimenti di rocce serpentine.

- Portoferraio - Fonte pubblica in località San Rocco. Serve il centro storico. La tubazione è in cemento-amianto, è lunga circa 3,5 Km ed è in via di eliminazione.
- Porto Azzurro - Prelievo da pozzo di acqua che scorre in una area ricca di serpentine. Il pozzo si chiama proprio per questo "Pozzo dei sassi turchini". Da qui l'acqua viene condottata verso le abitazioni.

- Marciana Marina - Acqua prelevata al deposito Capitella, al quale proviene dalle sorgenti Napolitano, sul Monte Capanne. Prima di arrivare al deposito percorre circa 1 Km di tubazione in A-C.
- Deposito di Marciana - Arrivano a questo deposito le acque provenienti da una decina di sorgenti del tronco nord del Monte Capanne, dopo aver attraversato 10 Km di tubazioni in cemento-amianto. Da qui partono poi le tubazioni per Marciana, che sono però in ghisa.
- Campo nell'Elba, Morione - Serbatoio di acque che alimentano Cavoli e Seccheto.

PROVINCIA DI LUCCA

Lucca - Dalle informazioni ottenute contattando gli operatori dell'ex Servizio Multizonale di Prevenzione, non dovrebbero essere presenti in città tubazioni in cemento-amianto.

- Centro cittadino - E' stato effettuato un prelievo da un rubinetto di utenza nel centro della città. Il campione serve come controllo.

PROVINCIA DI MASSA

Massa - L'acquedotto di Massa è alimentato da sorgenti che si trovano ai piedi delle Alpi Apuane, che come noto presentano fenomeni di carsismo. L'acqua scorre sulle rocce calcaree molto velocemente, trasportando con sé pochi ioni solubili e risultando quindi poco mineralizzata. E' stata segnalata in quanto a rischio di aggressività. Nell'acquedotto cittadino risultano inoltre presenti brevi tratti in cemento-amianto:

- Acquedotto comunale: in cemento-amianto, acciaio, ghisa e materiali plastici (dal 1928).

Su 30 Km totali ---> 3,5 Km in A-C (12%)

- Acquedotto comunale: in cemento-amianto, acciaio, ghisa e materiali plastici (dal 1928).

Totale: 250 Km

- Rete di distribuzione idrica: in cemento-amianto, acciaio, ghisa e materiali plastici (dal 1928).

Su 173 Km totali ---> 1 Km in A-C (0,6%)

- Sorgente Càrtaro - Il prelievo è effettuato prima dei trattamenti di potabilizzazione, da una sorgente "carsica" a monte della città. L'impianto del Càrtaro serve il 50% della popolazione di Massa; il resto dell'acqua è fornita da pozzi.

- Centro cittadino - Prelievo effettuato da un rubinetto all'interno dell'edificio dell'impresa privata che gestisce l'impianto (in via Gargano). Non ci dovrebbero essere nei dintorni tubazioni in A-C.

Carrara - Per quanto riguarda la qualità delle acque distribuite valgono le osservazioni fatte per Massa. Da informazioni fornite dai tecnici dell'acquedotto in città si trovano circa 20 Km di tubi in A-C, anche di vecchia installazione. Tali dati non compaiono nel censimento degli acquedotti:

- Acquedotto di Carrara: in cemento-amianto, acciaio, ghisa e materiali plastici (dal 1972).

Totale: 117,5 Km

- Sorgente Ratto - Sorgente che rifornisce per 2/3 Carrara e per 1/3 Marina di Carrara. L'acqua è già leggermente clorata con ClO₂.
- Sorgente Torano - L'acqua fornita da questa sorgente viene mescolata con quella della sorgente Ratto (115 l/s Torano e 60 l/s Ratto). E' anch'essa una sorgente carsica.
- Avenza, tubatura nuova - Prelievo effettuato da un fontanello dell'acquedotto. L'acqua scorre in un tubo in A-C di 350 mm di diametro, installato nel 1956.
- Avenza, tubatura vecchia - Acqua prelevata dal rubinetto di un bar, più a valle del prelievo precedente (tubatura nuova). La tubazione, in cemento-amianto, è stata posta in opera nel 1938.

Aulla - L'acqua distribuita ad Aulla proviene per intero da pozzi. Pare non siano presenti tubazioni in cemento-amianto.

- Pozzi di Sericciolo - L'acqua di Aulla è fornita al 50% dai pozzi di Sericciolo; viene miscelata con quella proveniente da altri pozzi.
- Aulla paese - Acqua prelevata dal rubinetto di un fioraio. Non dovrebbero esserci tubi in cemento-amianto nei dintorni.

PROVINCIA DI PISA

Pisa - Dal censimento sugli acquedotti risulta che anche a Pisa sono ancora presenti diversi Km di tubazioni in A-C installate nel 1969:

- Acquedotto "Filettole e Paduletto": in cemento-amianto. Serve i comuni di: Pisa; Livorno (dal 1969).

Su 22 Km totali ---> 22 Km in A-C (100%)

- Rete di distribuzione idrica: in cemento-amianto, acciaio, ghisa, materiali plastici, ghisa sferoidale con cemento. Serve il comune di Pisa.

Totale: 400 Km.

- Pozzi di Filettole (PI)- Si può considerare acqua "a monte" non solo di Livorno ma anche di Pisa.
- Piazza dei Miracoli - L'acqua è prelevata nel centro cittadino, da una fonte pubblica in Piazza dei Miracoli.

Montopoli V.no - L'acqua, prelevata da pozzi artesiani, scorre fino ad un serbatoio entro condotte in cemento-amianto difficilmente localizzabili. Dal deposito di spinta giunge fino a San Romano attraversando sicuramente circa 2 Km di tubi in A-C.

- Acquedotto di San Romano e Capanne: in cemento-amianto (dal 1976).

Totale: 32 Km.

- Pozzi di Vaiano - Sono pozzi artesiani che forniscono l'acqua in entrata nell'acquedotto.
- San Romano - Prelievo effettuato in Piazza Costituzione, a valle dei tubi in cemento-amianto e del deposito.

PROVINCIA DI PISTOIA

Pistoia - La città di Pistoia è servita per l'approvvigionamento idrico da numerose centrali di potabilizzazione che utilizzano prevalentemente acque superficiali (per circa il 70%) e in misura minore acque di falda. Secondo le informazioni ottenute dagli operatori dell'ex SMP di Pistoia, condotte in cemento-amianto sono presenti tuttora lungo il percorso delle reti acquedottistiche provenienti dalle tre principali centrali.

- Acquedotto comunale: in cemento-amianto, acciaio, ghisa, ghisa sferoidale con cemento e materiali plastici.

Totale: 850 Km.

- Centrale di Prombiolla - Prende acqua dal fiume Ombrone e fornisce una portata alla partenza di 100 l/s. L'acqua prelevata serve da controllo (entrata) rispetto alla successiva (uscita).
- Piazza San Francesco - Prelievo effettuato da fonte pubblica, in uscita da una rete comprendente tubazioni in C-A.

- Centrale di Pontelungo - Prende acqua da alcuni pozzi adiacenti al corso dell'Ombrone in località Pontelungo e fornisce una portata alla partenza di 90 l/s. L'acqua prelevata serve da controllo (entrata) rispetto alla successiva (uscita).
- Via Gorizia - Acqua prelevata da una fonte pubblica, che scorre sicuramente in tubi in cemento-amianto.

Montale - Nel comune sono presenti diverse condotte in cemento-amianto, tra cui anche una delle principali. I responsabili dell'acquedotto riferiscono di avere operato la sostituzione di giunti delle tubazioni deteriorati, il che indica uno stato di conservazione dei tubi non ottimale.

Dal censimento degli acquedotti risulta:

- Acquedotto consortile di Montale-Agliana-Quarrata: in cemento-amianto (dal 1975).

Su 15 Km totali ---> 15 Km in A-C (100%)

- Acquedotto comunale: in cemento-amianto, acciaio e materiali plastici (dal 1971).

Totale: 45 Km

- Fognano - Il prelievo è effettuato al deposito Fora, di via Mazzini; l'acqua, proveniente da una sorgente vicina, serve la frazione di Fognano e poi scende a valle fino alla frazione di Stazione. La condotta principale per Stazione (da 250 mm di diametro) è in cemento-amianto.
- Stazione - L'acqua, raccolta da una fonte pubblica della frazione di Stazione, in via Alfieri, ha sicuramente percorso una condotta in A-C. Da qui l'acqua prosegue per altri comuni (Agliana, Quarrata).

PROVINCIA DI PRATO

Prato - In città è ancora presente qualche chilometro di tubazione in cemento-amianto:

- Rete di distribuzione idrica: in cemento-amianto, ghisa, acciaio, ghisa sferoidale con cemento e materiali plastici (dal 1935).

Su 450 Km totali ---> 11 Km in A-C (2,5%)

- Via del Ferro, inizio - Acqua prelevata da abitazione (n° civico 242), proveniente dai vicini pozzi di S. Giorgio a Colonica. Qui inizia una tubazione in cemento-amianto lunga circa 1 Km, da 300 mm di diametro, installata negli anni Settanta.
- Via del Ferro, fine - Acqua prelevata da abitazione (n° civico 221), alla fine del tubo in A-C.

A nord-ovest di Prato, nei pressi di Bagnolo, è situato un piccolo gruppo montuoso formato da tre rilievi di altezza intorno ai 400 m, il Monte Ferrato. Si tratta di una formazione a serpentini particolarmente interessante per le sue caratteristiche geologiche e per l'ambiente naturale che accoglie.

L'acqua che sgorga dalle sorgenti del monte non viene condotta né potabilizzata, ma spesso bevuta da gitanti occasionali. Si ritiene comunque interessante un campionamento, quale prova di eventuale contaminazione da amianto di origine naturale.

- Monte Ferrato - L'acqua prelevata sgorga da una sorgente naturale ai piedi del monte, all'interno del Parco Naturale di Galceti. Da studi effettuati da tecnici dell'acquedotto di Prato risulta che questa acqua scorre senza dubbio su rocce a serpentini.

PROVINCIA DI SIENA

Acquedotto del Vivo - Dalle sorgenti Ermicciolo, Ente e Burlana, che sgorgano dal monte Amiata, vengono raccolte le acque che alimentano tutto l'acquedotto del Vivo. I comuni serviti sono San Giovanni d'Asso, Montalcino, Buonconvento, Murlo, Monteroni, Sovicille e Siena (Siena è servita solo al 30%; il restante 70% proviene da pozzi).

La zona di Monteroni d'Arbia ci è stata segnalata dagli operatori dell'Ufficio di Igiene dell'U.S.L. di Siena per la presenza di una condotta in cemento-amianto lunga circa 10 Km. I prelievi effettuati dagli addetti hanno dimostrato delle anomalie nel pH dell'acqua, riportando in alcuni periodi valori vicini a 9 all'uscita della tubazione. La causa potrebbe essere lo scioglimento della matrice cementizia; di conseguenza il rischio di rilascio di fibre di amianto aumenterebbe.

- Sorgente Ermicciolo - Si trova sul Monte Amiata. Alimenta l'acquedotto del Vivo, assieme alle sorgenti Ente e Burlana.
- Poggio d'Arna - Raccoglie le acque delle tre sorgenti (Ermicciolo, Ente e Burlana) sul Monte Amiata. Da qui parte il tratto principale dell'acquedotto del Vivo, da cui si alimentano gli acquedotti dei suddetti comuni.
- Presa per Monteroni d'Arbia - Da qui ha inizio la condotta in A-C. L'acqua prelevata rappresenta il campione "a monte" rispetto a quello seguente di Ponte d'Arbia.
- Ponte d'Arbia - Acqua prelevata da una fonte in una scuola a Ponte d'Arbia, dove termina la condotta in A-C.

Colle di Val d'Elsa - L'acqua, prelevata in buona parte da pozzi, viene erogata in tutto il territorio comunale attraverso una rete di condotte comprendenti anche quelle in A-C.

- Acquedotti S.Giorgio, Bagnoli, Scarna: in cemento-amianto (dal 1900, 1930, 1964 rispettivamente).

Su 10 Km totali ---> 10 Km in A-C (100%)

- Rete di distribuzione idrica: in cemento-amianto, acciaio, ghisa sferoidale con cemento e materiali plastici.

Totale: 90 Km.

- Scarna - E' la stazione di pompaggio principale; dai pozzi vengono prelevati circa 80 l/s di acqua e trattati con ipoclorito di sodio prima dell'immissione in rete.
- Viale dei Mille - L'acqua viene prelevata da una fonte pubblica in località Gore Rotte, in uscita da una tubatura in Eternit di circa 1-2 Km.

Poggibonsi - Non si hanno informazioni precise sulla conformazione della rete idrica comunale. Tuttavia personale dell'acquedotto riferisce che fino a qualche anno fa tutte le tubazioni sul territorio erano in cemento-amianto. Mentre quelle presenti in paese sono state sostituite con tubi in politene, rimangono in uso due condotte principali in A-C che portano l'acqua dall'invaso del Cepparello al paese.

- Invaso Cepparello - Invaso localizzato a monte di Poggibonsi. Stazione di clorazione e pompaggio in fase di ristrutturazione. L'acqua prelevata è quella che entra in rete e che ha quindi già subito il processo di potabilizzazione.
- Viale Marconi - Acqua in arrivo dal Cepparello, raccolta da una fonte pubblica in uscita da una tubazione in A-C lunga circa 5 Km.

Determinazione delle fibre di amianto

Per il campionamento e l'analisi delle acque è stata seguita la metodica EPA-600/4-83-043 dell'Environmental Protection Agency [28] opportunamente modificata per l'uso del microscopio elettronico a scansione (SEM). Per la lettura dei preparati al microscopio sono state seguite le norme previste dal Decreto del Ministero della Sanità del 6 settembre 1994 [29] formulate per il conteggio delle fibre aerodisperse depositate su filtro.

Le procedure di campionamento e analisi possono essere schematizzate come segue:

1) raccolta del campione in bottiglie nuove in vetro scuro da 1 litro, sciacquate per tre volte con acqua ultrapura (acqua a grado reagente, conducibilità elettrica specifica $0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$). I campioni possono essere conservati in cella frigorifera senza aggiunta di alcun conservante (stabilità per la lettura di 1-2 mesi);

2) filtrazione di aliquote di 200 ml di acqua su filtri in polycarbonato di 25 mm di diametro e porosità $0,8 \mu\text{m}$, dopo agitazione manuale delle bottiglie e uso di un bagno ad ultrasuoni per la scissione di eventuali aggregati;

3) montaggio del filtro su supporto da SEM mediante collante conduttore a base di carbonio e metallizzazione con grafite evaporata sotto vuoto;

4) conteggio delle fibre e determinazione delle loro dimensioni mediante microscopia elettronica a scansione. Analisi di 400 campi visivi per campione, corrispondenti a circa 1 mm^2 della superficie del filtro, cioè a circa lo 0,3% della superficie di filtrazione totale che è circa 314 mm^2 ;

5) le condizioni di lavoro al SEM sono di $2'000\times$ a 15 KV. Il limite di risoluzione stimato per le fibre è di circa $0,05 \mu\text{m}$ per il diametro e di $1 \mu\text{m}$ per la lunghezza;

6) riconoscimento delle fibre mediante spettroscopia a raggi X a dispersione di energia, per confronto con standard forniti dal National Institut of Safety and Health (NIOSH);

7) calcolo dell'errore statistico sulla lettura ipotizzando una distribuzione poissoniana delle fibre sul filtro.

Ogni fase dell'analisi è stata accuratamente controllata affinché non si verificassero accidentali contaminazioni da amianto. La vetreria e ogni strumento impiegati sono stati sempre lavati e sciacquati più volte con acqua ultrapura. Ciascuna analisi di acqua campionata è stata fatta precedere da un'analogha procedura su un identico quantitativo di acqua ultrapura quale bianco di riferimento.

Caratteri idrochimici e determinazione dell'aggressività

Su ogni campione sono stati determinati i caratteri idrochimici di base: temperatura, colore, torbidità, pH, conducibilità elettrica specifica, cloruro, solfato, idrogenocarbonato, sodio, potassio, durezza totale, calcio, magnesio; sono stati inoltre determinati: nitrati, nitriti, ammonio, T.O.C. (carbonio organico totale). Con l'utilizzo di alcuni di questi dati è stata calcolato l'Indice di Aggressività (I.A.) di ciascun campione di acqua. Questo indice, adottato anche nella normativa italiana con la Circolare Ministeriale n°42 del 1° luglio 1986 [27], viene calcolato secondo la formula:

$$I.A. = pH + \text{Log} (A \cdot H)$$

dove I.A.: indice di aggressività; A: alcalinità totale in mg/L CaCO₃; H: durezza calcica in mg/L CaCO₃. Per la valutazione dell'Indice di Aggressività si adotta la seguente scala di valori di riferimento:

I.A. ≤ 10	⇒	acque fortemente aggressive
10 < I.A. < 12	⇒	acque moderatamente aggressive
I.A. ≥ 12	⇒	acque non aggressive

RISULTATI

I risultati delle analisi effettuate sono riportati in sintesi in tabella III, dove, accanto alla denominazione del punto di campionamento, vengono indicate le concentrazioni di fibre di amianto, il tipo di fibra riscontrato e i valori dell'indice di aggressività dell'acqua. Vengono allegate (Allegato 1) le tabelle complete relative alle caratteristiche idrochimiche delle acque.

Si è preferito esprimere le concentrazioni di amianto in fibre/litro (FL), ritenendo questa unità di misura più adeguata ai valori rilevati rispetto ai milioni di fibre/litro comunemente usati nella letteratura nordamericana. Sono riportati in parentesi i limiti fiduciarî inferiore e superiore (LFI e LFS) al 95 % di probabilità calcolati assumendo una distribuzione poissoniana delle fibre sul filtro. Il limite di rilevabilità di 1600 fibre/litro è stato calcolato relativamente al conteggio di 1 fibra in 1 mm² di superficie del filtro.

In diversi casi in cui è stato accertato il passaggio dell'acqua attraverso tubi in cemento-amianto (Firenze, Scandicci, Livorno, Marciana, Montale, Prato, Colle Val d'Elsa) si è rilevata presenza di amianto, in particolare di crisotilo, all'uscita della tubazione. Tuttavia solo nella città di Livorno tale rilascio è risultato piuttosto consistente (37.700 FL); in tutti gli altri campioni, invece, le concentrazioni risultano nettamente inferiori, con un range di 1600-4700 FL. In altre situazioni la presenza di tubazioni in C-A non ha comportato alcun rilascio di fibre. E' il caso di campionamenti effettuati a Montevarchi, Firenze, Scandicci, Empoli, Piombino, Portoferraio, Marciana Marina, Massa, Carrara, Pisa, Montopoli V.no, Pistoia, Monteroni d'Arbia e Poggibonsi.

Per quanto riguarda la contaminazione di origine naturale è stata riscontrata la presenza di amianto in due campioni (1.600 FL) prelevati nell'area delle Alpi Apuane nei quali si è rinvenuta della tremolite, un anfibolo di scarso utilizzo commerciale. Sono stati saggiati anche tre campioni di acque che scorrono su rocce a serpentini nelle province di Prato, Livorno e Firenze. La concentrazione di crisotilo rilevata nel primo caso è 18.800 FL, ma si riferisce ad un'acqua proveniente da una sorgente non inserita nella rete idrica. Negli altri due casi non è stata riscontrata contaminazione da amianto.

I campioni di acqua analizzati che presentano un'aggressività elevata o medio alta si trovano: in alcune zone dell'Isola d'Elba (valori di I.A. di 9,9 e 10,0), negli acquedotti del senese che traggono alimentazione dalle sorgenti del Monte Amiata (range di I.A. da 10,2 a

Tabella III: Risultati delle analisi effettuate sui campioni di acqua potabile prelevati in Toscana.

Punti di campionamento			I.A.*	Concentrazione amianto in fibre/l **	Tipo di amianto riscontrato
provincia	comune	località di prelievo			
AREZZO	Arezzo	La Fortezza	11,2	ILR***	-
		Porta San Clemente	11,0	ILR	-
	Montevarchi	Località Pestello	12,3	ILR	-
FIRENZE	Firenze	Impianto Anconella	11,7	ILR	-
		Via Fontana	11,8	4700 (900-13800)	crisotilo
		Via Mariti	11,8	ILR	-
		Via Locchi	11,8	ILR	-
		Via Giolitti	12,0	ILR	-
		Via Tripoli	12,0	ILR	-
		Via San Gallo	11,9	ILR	-
	San Godenzo	Frazione Castagneto	12,1	ILR	-
	Scandicci	Ponte a Moretto	12,6	ILR	-
		Olmo	12,5	1600 (0-8800)	crocidolite
	Empoli	Centrale Castelluccio	12,6	1600 (0-8800)	crisotilo
		Sovigliana	12,2	ILR	-
	Castelfior.	Centrale Roosevelt	12,6	ILR	-
Montaione	Gambassi, La Striscia	12,6	ILR	-	
GROSSETO	Grosseto	Centro cittadino	11,3	ILR	-
	Acquedotto del Fiora	Sorgente Fiora	10,6	ILR	-
		Marsiliana	9,7	ILR	-
LIVORNO	Livorno	Porto	11,8	37700 (24200- 56000)	cris., amos., croc.
		Centro cittadino	11,8	1600 (0-8800)	crisotilo
	Piombino	Campo all'Olmo	12,5	ILR	-
		Calamoresca	12,5	ILR	-
	Isola d'Elba	Portoferraio - San Rocco	11,9	ILR	-
		Porto Azzurro	11,9	ILR	-
		Marciana Marina	10,9	ILR	-
		Deposito di Marciana	10,0	4700 (900-13800)	crisotilo, amosite
		Campo nell'Elba	9,9	1600 (0-8800)	amosite
LUCCA	Lucca	Centro cittadino	12,2	ILR	-
MASSA	Massa	Sorgente Cartaro	11,4	1600 (0-8800)	tremolite
		Centro cittadino	11,3	ILR	-
	Carrara	Sorgente Ratto	11,6	ILR	-
		Sorgente Torano	11,7	ILR	-
		Avenza - nuova tubatura	11,8	ILR	-
		Avenza - vecchia tubatura	11,5	ILR	-
	Aulla	Pozzi di Sericciolo	12,0	ILR	-
		Aulla paese	11,7	1600 (0-8800)	tremolite
PISA	Pisa	Pozzi di Filettole	11,9	ILR	-
		Piazza dei Miracoli	11,8	ILR	-
	Montopoli V.no	Pozzi di Vaiano	12,4	ILR	-
		San Romano	12,5	ILR	-

* Indice di Aggressività (vedi Circolare Ministeriale n°42 del 1 luglio 1986)

** Concentrazioni di amianto espresse in fibre/litro (fra parentesi vengono riportati i limiti fiduciari inferiore e superiore con il 95% di probabilità, calcolati assumendo una distribuzione poissoniana delle fibre sul filtro)

*** ILR: inferiore al limite di rilevabilità di 1600 fibre/litro, valore relativo al conteggio di 1 fibra in 1 mm² di superficie del filtro

Tabella III: Continua

Punti di campionamento			I.A.*	Concentrazione amianto in fibre/l **	Tipo di amianto riscontrato
provincia	comune	località di prelievo			
PISTOIA	Pistoia	Centrale di Prombialla	12,0	ILR	-
		P.zza S. Francesco	12,1	ILR	-
		Centrale di Pontelungo	12,0	ILR	-
		Via Gorizia	11,9	ILR	-
	Montale	Fognano	11,5	ILR	-
		Stazione	11,5	1600 (0-8800)	crisotilo
PRATO	Prato	Via del Ferro, inizio	11,3	ILR	-
		Via del Ferro, fine	12,2	1600 (0-8800)	crisotilo
		Monte Ferrato	12,2	18800 (9700-33000)	crisotilo
SIENA	Acquedotto del Vivo	Sorgente Ermicciolo	10,2	ILR	-
		Poggio d'Arna	10,5	3100 (300-11300)	crisotilo
		Presa per Monteroni	10,6	ILR	-
		Ponte d'Arbia	10,8	ILR	-
	Colle Val d'Elsa	Scarna	12,0	ILR	-
		Viale dei Mille	12,1	1600 (0-8800)	crocidolite
	Poggibonsi	Invaso Cepparello	12,2	ILR	-
		Viale Marconi	12,3	ILR	-

10,8) e nella provincia di Grosseto (range di I.A. da 9,7 a 10,6). 3 campioni sono risultati positivi (4.700, 3.100 e 1.600 FL) per la presenza di amianto.

I campioni prelevati da acquedotti che servono aree altamente popolate mostrano in generale concentrazioni di fibre di amianto inferiori o prossimi al limite di rilevabilità, fatta eccezione per la città di Livorno.

Il tipo di amianto più frequentemente ritrovato è stato il crisotilo (64,3%) dal momento che è quello maggiormente usato nelle tubature in A-C.

Qui di seguito si descrivono sinteticamente i risultati ottenuti suddivisi per aree di studio.

Provincia di Arezzo

Arezzo - Entrambi i campioni sono risultati moderatamente aggressivi ed inferiori al limite di rilevabilità per quanto riguarda la presenza di fibre di amianto.

Montevarchi - Il campione, di acqua non aggressiva, presenta una concentrazione di fibre di amianto inferiore al limite di rilevabilità del metodo.

Provincia di Firenze

Firenze - Dei 7 prelievi di acqua potabile effettuati a Firenze solo in un caso è stata dimostrata la presenza di amianto. E' stata misurata una concentrazione di 4.700 FL di crisotilo in viale Redi (angolo via Fontana), a metà di un tubo in A-C, mentre il prelievo corrispondente all'inizio della tubazione (viale Redi, angolo via Mariti) ha dato esito negativo.

In tutti gli altri punti di campionamento, sia in quelli di controllo che in quello di via Locchi, considerato a rischio per la presenza di tubi in A-C, non è stata evidenziata la presenza di amianto. Le acque distribuite in città risultano da moderatamente aggressive a non aggressive.

San Godenzo - Non si rivela presenza di fibre di amianto. L'acqua risulta non aggressiva.

Scandicci - I campioni risultano non aggressivi. Si rivela presenza di fibre di crocidolite (1600 FL) in località Olmo, all'uscita da una tubazione in cemento-amianto.

Empoli - L'acqua prelevata è di tipo non aggressivo. 1600 FL di crisotilo sono state rilevate nel campione in uscita dalla centrale di Castelluccio.

Castelfiorentino - Acqua non aggressiva. Non si rilevano tracce di fibre di amianto.

Montaione - Acqua non aggressiva, nella quale non si rivelano fibre di amianto.

Provincia di Grosseto

Grosseto - L'acqua analizzata è moderatamente aggressiva. Non si rileva presenza di amianto.

Fiume Fiora - Tutti i campioni hanno dato esito negativo per la presenza di amianto. L'acqua prelevata alla sorgente del fiume è moderatamente aggressiva, mentre quella di Marsiliana ha un valore di I.A. di 9,7 ed è quindi altamente aggressiva.

Provincia di Livorno

Livorno - L'acqua prelevata da un fontanello del porto di Livorno è risultata quella maggiormente contaminata da amianto rispetto alla totalità dei punti di campionamento effettuati in Toscana. E' stata riscontrata la presenza di crisotilo ed anfiboli (amosite e crocidolite) con concentrazione di 37.700 FL.

Anche nel punto di prelievo relativo al centro cittadino si sono riscontrate fibre di crisotilo, ma con una concentrazione molto più bassa, di circa 1600 FL.

L'analisi dell'I.A. ha rilevato acque di tipo moderatamente aggressivo.

Piombino - Acque non aggressive. Non sono presenti fibre di amianto.

Isola d'Elba - Le acque prelevate al deposito di Marciana e a Campo nell'Elba sono di tipo aggressivo. Proprio in questi due campioni si è riscontrata presenza di amianto, rispettivamente 4700 FL di crisotilo ed amosite e 1600 FL di amosite. In particolare al deposito di Marciana arrivano acque provenienti da una lunga tubazione in cemento-amianto.

Provincia di Lucca

Lucca - Acqua non aggressiva, non contenente fibre di amianto.

Provincia di Massa

Massa - Si riscontra la presenza di tremolite (1600 FL) nelle acque della sorgente Càrtaro, a monte di Massa. Nessun tipo di fibra è invece segnalato nelle acque del centro cittadino. In entrambi i casi si tratta di acqua moderatamente aggressiva.

Carrara - Le acque analizzate, tutte moderatamente aggressive, hanno dato esito negativo per la presenza di amianto.

Aulla - L'analisi dell'acqua prelevata in paese ha evidenziato la presenza di circa 1.600 FL di tremolite. I campioni risultano di media aggressività.

Provincia di Pisa

Pisa - Sia il campione effettuato "a monte" di Pisa (pozzi di Filettole) che quello nel centro cittadino (piazza dei Miracoli) sono di tipo moderatamente aggressivo. Non si rivela presenza di fibre di amianto.

Montopoli Valdarno - Campioni di acque non aggressive. Nessuna fibra di amianto rilevata.

Provincia di Pistoia

Pistoia - Le acque, di tipo non aggressivo, non presentano fibre di amianto né in entrata né in uscita dalle tubazioni in cemento-amianto.

Montale - Nessuna fibra è stata riscontrata nell'acqua prelevata nella frazione di Fognano, all'ingresso di una tubatura in cemento-amianto. Il campionamento effettuato "a valle" del tubo, nella frazione di Stazione, ha invece evidenziato una concentrazione di 1600 FL di crisotilo. L'acqua distribuita nel comune è moderatamente aggressiva.

Provincia di Prato

Prato - Non è stata riscontrata contaminazione da amianto nel campione preso in via del Ferro n°242, relativo all'inizio di una condotta in cemento-amianto. E' stata invece riscontrata una bassa concentrazione di crisotilo (circa 1600 FL) nell'acqua prelevata in via del Ferro n°221, sul tratto finale della tubazione. I due campioni presentano anche differenti caratteristiche chimiche, che fanno risultare il primo moderatamente aggressivo e il secondo decisamente non aggressivo.

Una concentrazione di 18.800 FL di crisotilo è stata misurata nel campione prelevato sul Monte Ferrato. L'acqua di questa sorgente non viene condottata ed è quindi l'unico caso di acqua non potabile analizzato.

Provincia di Siena

Acquedotto del Vivo - Delle acque analizzate, tutte ad aggressività medio-alta, ha dato esito positivo quella prelevata presso Poggio d'Arna, dove si è valutata una concentrazione di circa 3.100 FL di fibre di crisotilo.

Colle Val d'Elsa - Si tratta di acqua non aggressiva. E' stata riscontrata una leggera contaminazione da fibre di crocidolite (1600 FL) nel campione in uscita da una condotta in C-A, mentre ha dato esito negativo l'acqua in entrata nel tubo.

Poggibonsi - Acque non aggressive e che non presentano contaminazioni da amianto.

VALUTAZIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

La metodica EPA-600/4-83-043 prevede l'uso della microscopia elettronica a trasmissione (TEM) per la determinazione delle fibre di amianto; il TEM è in grado di rilevare la presenza di fibre ultrafini, con diametri inferiori ai decimi di micron e lunghezze minori di 1 μm , superando decisamente i limiti di risoluzione del microscopio elettronico a scansione. Esiste, però, nella comunità scientifica un consenso generale sul considerare pericolose per la salute dell'uomo le fibre con diametro inferiore a 1,5 μm e lunghezze superiori a 8 μm [3,30,31,32,33]. Alla luce di tale considerazione, abbiamo ritenuto la microscopia a scansione adeguata ai nostri scopi e quindi modificato la metodica adattandola all'uso del SEM, che permette una preparazione dei campioni più agevole e costi di utilizzo più contenuti, sebbene comunque molto elevati.

Come controllo della qualità del metodo, comunque, l'analisi di alcuni campioni è stata effettuata sia al SEM che al TEM (tabella IV), grazie alla gentile collaborazione del dottor Paoletti dell'Istituto Superiore di Sanità. I risultati riportati in tabella dimostrano un sostanziale accordo tra le due metodiche. Solo il campione prelevato ai Pozzi di Filettole, Pisa (campione n°1), negativo al SEM, ha presentato 22.000 fibre/litro (LFI: 7500 - LFS: 29000) all'analisi con il TEM. Il campione di acqua prelevata al porto di Livorno (campione n°2), invece, ha dato risultati confrontabili in base ai limiti fiduciari. In tutti gli altri casi con entrambe le tecniche non è stata rilevata la presenza di fibre.

Per quanto riguarda la determinazione dell'aggressività dell'acqua, diversi autori hanno dato il loro contributo alla ricerca di un appropriato indice che esprimesse l'aggressività delle acque (es.: indice di Langelier, di Ryznar, ecc.) [15]. L'Indice di Aggressività (I.A.) è risultato il migliore nella determinazione del comportamento dell'acqua nei confronti dei tubi in C-A, secondo le ricerche promosse dall'American Water Works Association e dall'Environmental Protection Agency. L'I.A. è un'approssimazione dell'indice di Langelier modificato con l'introduzione di fattori di compensazione della temperatura e della forza ionica.

Lo studio ha rilevato la presenza di fibre di amianto nel 24% delle acque toscane analizzate, con concentrazioni sempre inferiori a 37.700 fibre/litro (LFS: 56.000 fibre/litro) (Figura 2). Nel 79% dei campioni positivi la causa di inquinamento è legata al rilascio di fibre da parte delle tubazioni in A-C; questa ipotesi è stata avvalorata dal loro ritrovamento solo

Tabella IV: Risultati dell'analisi effettuata su alcuni campioni sia al SEM che al TEM

N° campione	Concentrazione di amianto in fibre/litro (*)		Tipo di amianto riscontrato	
	SEM	TEM	SEM	TEM
1	ILR (**)	15700 (7500-29000)	-	amosite
2	37700 (24200-56000)	22000 (12000-37000)	crisotilo, amos., croc.	crisotilo
3	ILR	ILR	-	-
4	ILR	ILR	-	-
5	ILR	ILR	-	-
6	ILR	ILR	-	-
7	ILR	ILR	-	-
8	ILR	ILR	-	-

* Vengono riportati in parentesi i limiti fiduciari inferiore e superiore con il 95% di probabilità calcolati assumendo una distribuzione poissoniana delle fibre sul filtro

** ILR: inferiore al limite di rilevabilità di 1600 fibre/litro, valore relativo al conteggio di 1 fibra in 1 mm² di filtro

*** Non sono disponibili i limiti fiduciari relativi all'analisi eseguita al TEM

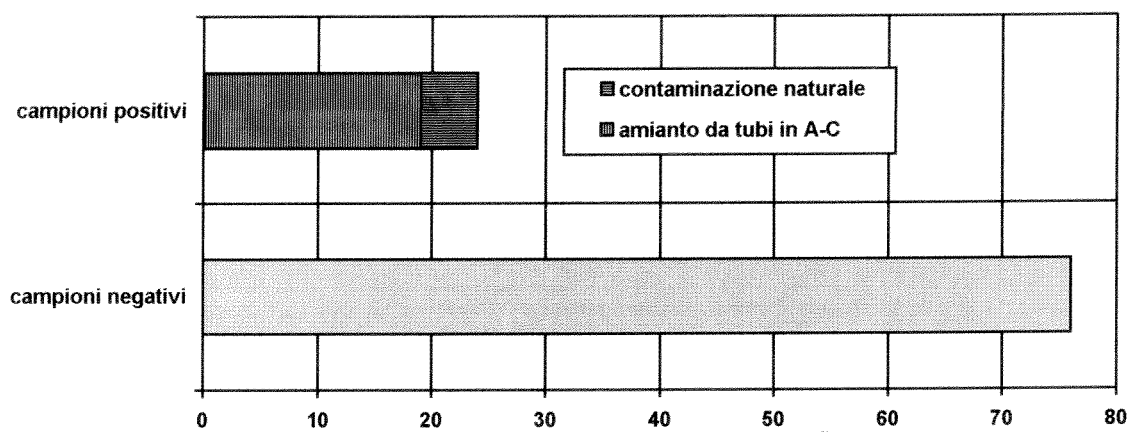


Figura 2 : Percentuali dei campioni positivi e negativi per la presenza di fibre di amianto

nell'acqua in uscita dalle tubazioni. Si ritiene che i tubi in cemento-amianto conservati in ottime condizioni non presentino immediati rischi di rilascio di fibre, ma che i problemi possano sopraggiungere con l'invecchiamento della tubazione e il disgregamento del materiale costituente. Per questo le concentrazioni di amianto rilasciato dalle condotte sono suscettibili di aumento.

La contaminazione da amianto attribuibile a cause naturali è stata riscontrata nel 21% delle acque positive per la presenza di amianto.

Le acque esaminate sono risultate non aggressive per il 43%, moderatamente aggressive per il 54% e altamente aggressive solo per il 3% (Figura 3). Per uno studio più approfondito sulla correlazione tra aggressività e rilascio di fibre di amianto da parte delle condotte è necessario disporre di un numero maggiore di casi in cui sia accertato il passaggio di acqua altamente aggressiva attraverso tubazioni in C-A.

La percentuale di campioni positivi per la presenza di amianto nelle acque potabili della Toscana è risultata piuttosto bassa. Inoltre le concentrazioni di fibre rilevate non superano mai 40.000 FL.

E' pertanto opinione degli Autori della presente ricerca che la contaminazione da amianto nelle acque potabili della Toscana analizzate, come più volte sottolineato, sia modesta in valore assoluto e comunque di molti ordini di grandezza inferiore a quella misurata negli USA e in Canada. Conseguentemente anche il rischio per la popolazione di patologie collegate all'ingestione di fibre di amianto è da ritenersi modesto.

Per concludere, riportiamo quanto scritto nelle linee guida pubblicate dall'OMS nel 1994 e ripreso nell'allegato 3 del Decreto del Ministero della Sanità 14 Maggio 1996:

“...Non esiste alcuna prova attendibile che l'ingestione di amianto sia pericolosa per la salute: non è stato ritenuto utile, pertanto, stabilire un valore guida fondato sulle considerazioni di natura sanitaria, per la presenza di questa sostanza nell'acqua potabile...”

Tutto quanto detto non significa, però, che le amministrazioni locali (comuni ed enti gestori degli acquedotti) non si debbano prefiggere come scopo la graduale dismissione di tale materiale dalle condotte e dai depositi utilizzati per le acque potabili, in questo in coerenza con quanto indicato nel suddetto Decreto del Ministero della Sanità.

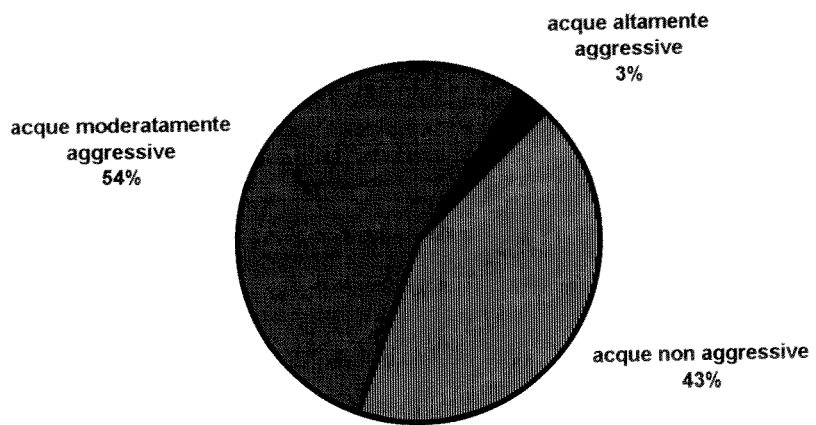


Figura 3: Aggressività delle acque in studio

BIBLIOGRAFIA

1] IARC. Asbesto. In: Monografie IARC sulla valutazione dei rischi cancerogeni per l'uomo. Valutazioni complessive di cancerogenicità. Aggiornamento delle Monografie IARC Volumi 1-42. Supplemento 7. EDIESSE Ed. 1989.

2] Cunningham HM, Pontefract R. Asbestos fibres in beverages and drinking water. *Nature* 1971; 232: 332-333.

3] WHO. Asbestos and other natural mineral fibres. *Environmental Health Criteria* 1986; 53.

4] Kanarek MS, Conforti PM, Jackson LA, Cooper RC, Murchio JC. Asbestos in drinking water and cancer incidence in the San Francisco Bay Area. *Am J Epidemiol* 1980; 112(1): 54-72.

5] Conforti PM, Kanarek MS, Jackson LA, Cooper RC, Murchio JC. Asbestos in drinking water and cancer in the San Francisco Bay Area: 1969-1974 incidence. *J Chron Dis* 1981; 34: 221-224.

6] WHO. Guidelines for drinking water quality. Recommendations. Geneva 1993, 2nd ed., volume 1.

7] DPR 24 maggio 1988 n°236. Attuazione della Direttiva CEE n°80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi della legge n°183 del 16 aprile 1987. GU n°152 del 30/6/1980.

8] Working group for the DHHS Committee to Coordinate Environmental and Related Programs, Subcommittee on Risk Assessment. Report on cancer risks associated with the ingestion of asbestos. *Environ Health Perspect*, 1987; 72: 253-265.

9] Kanarek MS. Epidemiological studies on ingested mineral fibres: gastric and other cancers. *IARC Sci Publ* 1989: 428-437.

10] Hayward SB. Field monitoring of chrysotile asbestos in California waters. *JAWWA* 1984; 73(3): 66-73.

11] Polissar L, Severson RK, Boatman ES. A case-control study of asbestos in drinking water and cancer risk. *Am J Epidemiol* 1984; 119(3): 456-471.

12] Mason TJ, McKay FW, Miller RW. Asbestos-like fibers in Duluth water supply. Relation to cancer mortality. *JAMA* 1974; 228(8): 1019-1020.

13] Levy BS, Sigurdson E, Mandel J, Laudon E, Pearson J. Investigating possible effects of asbestos in city water: surveillance of gastrointestinal cancer incidence in Duluth, Minnesota. *Am J Epidemiol* 1976; 103(4): 362-368.

14] Toft P, Wigle D, Meranger JC, Mao Y. Asbestos and drinking water in Canada. *Sci Total Environ* 1981; 18: 77-89.

15] Commins BT. Asbestos fibres in drinking water. Maidenhead, England, Commins Associates Ed. 1988.

16] Berbenni P, Occhi R. Miscelazione delle acque: aggressività, corrosioni e incrostazioni. In: *Qualità delle acque potabili: problemi attuali ed interventi tecnologici. XXXVIII Corso di aggiornamento in Ingegneria Sanitaria, Milano, 3-7 giugno 1991: 1-25.*

17] Ordinanza del Ministero della Sanità 26 giugno 1986 n°42. Restrizioni all'immissione sul mercato ed all'uso della crocidolite e dei prodotti che la contengono. GU n°157 del 9/7/1986.

18] Kanarek MS, Conforti PM, Jackson LA. Chrysotile asbestos fibers in drinking water from asbestos-cement pipe. *Envir Sci & Tech* 1981; 15: 923-925.

19] Webber JS, Covey JR, Vernon King M. Asbestos in drinking water supplied through grossly deteriorated A-C pipe. *JAWWA* 1989; 81(2): 80-85.

20] Harrington JM, Craun GF, Meigs JW, Landrigan PJ, Flannery JT, Woodhall RS. An investigation of the use of asbestos cement pipe for public water supply and the incidence of gastrointestinal cancer in Connecticut, 1935-1973. *Am J Epidemiol* 1978; 107(2): 96-103.

21] Bales RC, Newkirk DD, Hayward SB. Chrysotile asbestos in California surface waters: from upstream rivers through water treatment. *JAWWA* 1984; 76(5): 66-74.

22] Jones J, McGuire MJ. Dredging to reduce asbestos concentrations in the California aqueduct. *JAWWA* 1987; 79(2): 30-37.

23] Webber JS, Covey JR. Asbestos in water. *CRC Crit Rev Environ Control* 1991; 21(3,4): 331-371.

24] Toft P, Meek ME, Wigle DT, Meranger JC. Asbestos in drinking water. *CRC Crit Rev Environ Control* 1984; 14(2): 151-197.

25] Navazio G, Albertin P, Giordano L, Simioni F, Strazzabosco F. Il comportamento nel tempo delle tubazioni di fibrocemento per il trasporto di acqua potabile: l'esperienza nel Veneto. *Idrotecnica* 1989; 5: 243-252.

26] Decreto del Ministero della Sanità 13 dicembre 1991. Direttive per la redazione, elaborazione, aggiornamento e trasmissione della mappatura relativa agli impianti di

acquedotto e per la trasmissione dei dati relativi ai controlli analitici esperiti sulle acque destinate al consumo umano. GU n°3 del 4/1/1992.

27] Circolare del Ministero della Sanità 1° luglio 1986 n°42. Indicazioni esplicative per l'applicazione dell'ordinanza ministeriale 26 giugno 1986 relativa alle restrizioni all'immissione sul mercato ed all'uso della crocidolite e di taluni prodotti che la contengono. GU n°157 del 9/7/1986.

28] Chatfield EJ, Dillon MJ. Analytical method for determination of asbestos in water. EPA-600/4-83-043. Springfield, VA, USA, National Technical Information Service Ed. 1983.

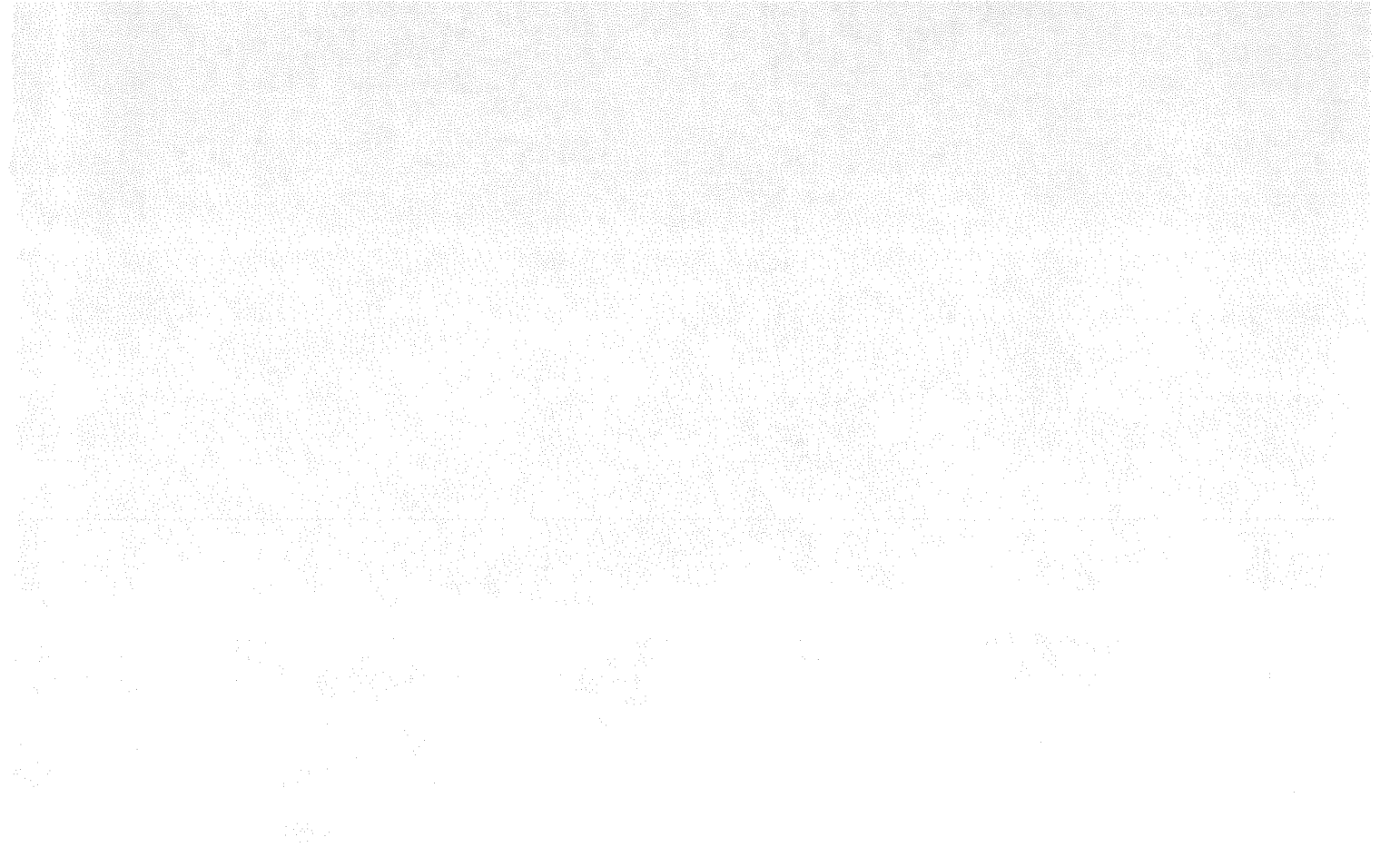
29] Decreto del Ministero della Sanità 6 settembre 1994. Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n° 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. GU n°220 del 20/9/1994.

30] Pott F. The fibrous particle: a carcinogenic agent. *Acta oncologica* 1992; 13(3): 261-275.

31] Walker C, Everitt J, Barrett JC. Possible cellular and molecular mechanism for asbestos carcinogenicity. *Am J Ind Med* 1992; 21: 253-273.

32] Mossman BT. Mechanism of asbestos carcinogenesis and toxicity: the amphibole hypothesis revisited. *Br J Ind Med* 1993; 50: 673-676.

33] Lippmann M. Deposition and retention of inhaled fibres: effects on incidence of lung cancer and mesothelioma. *Occup Environ Health* 1994; 51: 793-798.



Provincia		Livorno	Livorno	Grosseto	Pisa
Località e/o denominazione		Fontanello Porto	Centro città	Acquedotto del Fiara - Marsiliana Scansano	Pozzo Filettole
n° campione		1	2	3	4
n° registro		1100	1099	1098	1097
Data prelievo		17 marzo 1995	17 marzo 1995	22 marzo 1995	23 marzo 1995
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.2	0.2	0.1	0.2
pH		6.9	6.9	7.3	7.2
Conducibilità a 25°C	µS/cm	775	773	95	580
Residuo fisso calcolato	mg/l	468	466	54	335
Durezza totale	° F	33.9	33.2	2.8	27.2
Calcio	mg/l Ca ⁺²	116	114	7.4	92.3
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	11.9	10.7	2.3	10.0
Cloruri	mg/l Cl ⁻	49.9	52.5	4.9	20.8
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	4.0	4.1	0.8	3.4
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	92.5	93.0	1.7	67.6
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	311	311	45.8	244
Sodio	mg/l Na ⁺	31.6	31.6	6.6	14.3
Potassio	mg/l K ⁺	2.3	2.3	3.3	1.9
T.O.C.	mg/l C	1.8	1.6	0.9	1.6
Diff. meq cationi - anioni		- 0.32	- 0.56	0.75	0.05
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	255	255	37.5	200
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	289	286	18.5	231
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A · H)		11.8	11.8	9.7	11.9

Provincia		Pisa	Grosseto	Siena	Siena
Località e/o denominazione		Fontanello Piazza dei Miracoli	Sorg. del Fiora Bagnolo	Acq. del Vivo Sorg. Ermicciolo	Acq. del Vivo Poggio d'Arna
n° campione		5	6	7	8
n° registro		1096	1131	1130	1129
Data prelievo		23 marzo 1995	28 marzo 1995	28 marzo 1995	28 marzo 1995
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.2	0.1	0.1	0.2
pH		7.1	7.6	7.4	7.7
Conducibilità a 25°C	µS/cm	604	93	85	89
Residuo fisso calcolato	mg/l	351	58	56	54
Durezza totale	° F	28.2	2.7	2.4	2.5
Calcio	mg/l Ca ⁺²	96.2	7.3	6.5	7.0
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	10.2	2.1	1.9	2.2
Cloruri	mg/l Cl ⁻	21.6	6.8	5.8	6.4
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	2.8	1.0	0.8	0.7
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	71.6	2.6	2.7	2.7
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	256	39.7	42.7	39.7
Sodio	mg/l Na ⁺	16.1	6.5	5.7	6.2
Potassio	mg/l K ⁺	2.2	2.8	3.1	3.0
T.O.C.	mg/l C	1.3	1.0	0.9	0.9
Diff. meq. cationi - anioni		0.05	- 0.02	- 0.12	- 0.02
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	210	32.5	35.0	32.5
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	240	18.2	16.2	17.5
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A: H)		11.8	10.6	10.2	10.5

Provincia		Siena	Siena	Pistoia	Pistoia
Località e/o denominazione		Acq. del Vivo Monteroni d' Arbia	Acq. del Vivo Ponte d' Arbia	Montale Fognano	Montale Stazione Via Alfieri
n° campione		9	10	11	12
n° registro		1127	1128	1943	1944
Data prelievo		28 marzo 1995	28 marzo 1995	13 aprile 1995	13 aprile 1995
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.1	0.05	0.4	0.6
pH		7.9	8.4	7.8	7.8
Conducibilità a 25°C	µS/cm	91	113	199	206
Residuo fisso calcolato	mg/l	54	58	110	115
Durezza totale	° F	2.6	3.8	8.1	8.6
Calcio	mg/l Ca ⁺²	6.7	2.6	28.5	30.6
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	2.2	1.5	2.4	2.2
Cloruri	mg/l Cl ⁻	6.6	6.9	10.9	10.9
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	0.7	0.7	3.5	3.2
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	2.5	2.6	11.1	13.4
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	39.7	51.9	82.4	85.4
Sodio	mg/l Na ⁺	6.5	6.5	7.2	7.2
Potassio	mg/l K ⁺	3.0	3.0	0.7	0.7
T.O.C.	mg/l C	0.9	0.9	0.6	0.7
Diff. meq. cationi - anioni		- 0.02	- 0.50	0.005	0.00
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	32.5	42.5	67.4	69.9
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	16.7	6.5	71.2	76.4
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A: H)		10.6	10.8	11.5	11.5

Provincia		Massa Carrara	Massa	Massa	Massa Carrara
Località e/o denominazione		Sorgente del Cartaro Cagliaglia	Città	Carrara Sorgente di Ratto	Carrara-Torano Sorg. Carbonera
n° campione		13	14	15	16
n° registro		1946	1945	1949	1950
Data prelievo		3 maggio 1995	3 maggio 1995	3 maggio 1995	3 maggio 1995
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.3	0.1	0.1	0.1
pH		7.3	7.2	7.5	7.6
Conducibilità a 25°C	µS/cm	330	352	319	283
Residuo fisso calcolato	mg/l	186	207	192	153
Durezza totale	° F	16.4	19.8	17.2	15.0
Calcio	mg/l Ca ⁺²	48.8	50.4	50.2	45.6
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	10.2	17.5	11.2	8.7
Cloruri	mg/l Cl ⁻	5.7	6.3	4.5	6.1
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	2.3	2.2	2.0	1.5
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	50.1	59.6	51.4	15.0
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	125	131	131	140
Sodio	mg/l Na ⁺	4.4	4.6	3.7	4.4
Potassio	mg/l K ⁺	0.5	0.5	0.5	0.3
T.O.C.	mg/l C	0.7	0.9	0.5	0.6
Diff. meq. cationi - anioni		0.19	0.56	0.22	0.38
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	102	107	107	115
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	122	126	125	114
Ind. aggrs. = pH + log ₁₀ (A · H)		11.4	11.3	11.6	11.7

Provincia		Massa	Massa	Massa	Massa
Località e/o denominazione		Carrara- Nuova tubatura cem. - amianto	AvenzaAvenza vecchia tubatura cem. - amianto	Campo pozzi di Sericciole - Aulla	Surrogati di Aulla
n° campione		17	18	19	20
n° registro		1948	1947	1951	1952
Data prelievo		3 maggio 1995	3 maggio 1995	3 maggio 1995	3 maggio 1995
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.3	0.1	0.1	0.2
pH		7.7	7.4	7.3	7.5
Conducibilità a 25°C	µS/cm	295	296	490	341
Residuo fisso calcolato	mg/l	169	162	271	201
Durezza totale	° F	13.8	17.2	23.8	18.0
Calcio	mg/l Ca ⁺²	44.8	46.4	87.2	58.4
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	6.3	7.3	4.9	8.3
Cloruri	mg/l Cl ⁻	6.7	5.7	12.8	4.8
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	2.3	1.6	1.8	1.3
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	33.7	28.2	24.2	51.6
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	128	134	253	137
Sodio	mg/l Na ⁺	4.2	4.1	9.6	5.0
Potassio	mg/l K ⁺	0.4	0.5	1.4	0.8
T.O.C.	mg/l C	0.9	0.8	0.8	0.4
Diff. meq. cationi - anioni		- 0.08	0.13	0.16	0.35
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	105	110	207	112
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	112	116	218	146
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A/ H)		11.8	11.5	12.0	11.7

Provincia		Prato	Prato	Prato	Firenze
Località e/o denominazione		via del Ferro Inizio tubazione	via del Ferro Fine tubazione	Monte Ferrato Sorgente di Galceti	Uscita Imp. Anconella
n° campione		21	22	23	24
n° registro		2998	2999	2997	3307
Data prelievo		29 maggio 1995	29 maggio 1995	29 maggio 1995	13 Giugno 1995
Temperatura	° C	18.6	18.4	15.9	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.6	0.3	0.9	0.1
pH		7.1	7.1	7.6	7.3
Conducibilità a 25°C	µS/cm	905	916	544	505
Residuo fisso calcolato	mg/l	543	550	326	303
Durezza totale	° F	41.9	44.5	29.8	24.0
Calcio	mg/l Ca ⁺²	137	145	8.0	64.0
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	18.9	20.4	67.5	19.4
Cloruri	mg/l Cl ⁻	48.8	35.3	13.1	34.3
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	23.0	21.6	3.8	5.6
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	69.4	60.8	20.4	34.9
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	403	452	330	189
Sodio	mg/l Na ⁺	30.3	25.5	6.7	20.6
Potassio	mg/l K ⁺	1.8	1.8	0.2	2.8
T.O.C.	mg/l C	1.5	1.4	1.9	1.9
Diff. meq. cationi - anioni		0.06	0.03	0.00	0.87
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	330	370	270	155
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	341	361	20.0	160
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A · H)		11.3	12.2	12.2	11.7

Provincia		Firenze	Firenze	Firenze	Arezzo
Località e/o denominazione		Via Giolitti	Via Tripoli	Via San Gallo	Montevarchi Loc. Pestello
n° campione		25	26	27	28
n° registro		--	--	--	5134
Data prelievo		12 giugno 1996	12 giugno 1996	12 giugno 1996	4 Ottobre 1995
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	<5	<5	<5	<5
Odore	Tasso dil.	1	1	1	0
Torbidità	F.T.U.	0.2	0.2	0.3	0.3
pH		7.7	7.7	7.6	7.1
Conducibilità a 25°C	µS/cm	518	519	512	1166
Residuo fisso calcolato	mg/l	311	311	307	700
Durezza totale	° F	19.9	20.4	20.2	49.3
Calcio	mg/l Ca ⁺²	54	55.2	54.4	153
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	15.6	16.0	15.8	27.0
Cloruri	mg/l Cl ⁻	39.1	38.8	37.4	127
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	6.4	6.6	6.4	10.0
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	54.5	53.8	54.6	62.9
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	181	177	180	458
Sodio	mg/l Na ⁺	28.2	28.7	27.9	48.2
Potassio	mg/l K ⁺	4.1	4.2	4.1	2.5
T.O.C.	mg/l C	--	--	--	2.4
Diff. meq. cationi - anioni		0.00	0.21	0.09	- 0.54
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	148	145	147	387
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	135	138	136	382
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A · H)		12.0	12.0	11.9	12.3

Provincia		Firenze	Pistoia	Pistoia	Pistoia
Località e/o denominazione		S.Godenzo Fraz. Castagneto	Centr. Prombiaglia	P.zza S.Francesco	Centr. Pontelungo
n° campione		29	30	31	32
n° registro		5135	5527	5530	5528
Data prelievo		2 Ottobre 1995	26 ottobre 1995	26 ottobre 1995	26 Ottobre 1995
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.4	0.3	0.2	0.2
pH		7.6	7.8	7.7	7.5
Conducibilità a 25°C	µS/cm	496	310	354	428
Residuo fisso calcolato	mg/l	298	186	212	257
Durezza totale	° F	27.2	14.7	17.0	20.1
Calcio	mg/l Ca ⁺²	64.0	48.3	56.0	69.5
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	27.2	6.4	7.3	6.6
Cloruri	mg/l Cl ⁻	15.6	6.4	8.0	9.7
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	0.6	3.3	5.3	13.2
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	60.2	18.9	18.7	20.9
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	226	165	189	214
Sodio	mg/l Na ⁺	8.8	7.1	8.2	10.6
Potassio	mg/l K ⁺	1.8	1.1	1.4	1.8
T.O.C.	mg/l C	1.3	-	-	-
Diff. meq. cationi - anioni		0.5	-0.05	-0.01	0.10
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	185	135	155	175
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	160	121	140	174
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A · H)		12.1	12.0	12.1	12

Provincia		Pistoia	Siena	Siena	Siena
Località e/o denominazione		Via Gorizia	Colle V.Elsa Scarna	Colle V.Elsa V.le dei Mille	Poggibonsi Invaso Cepparello
n° campione		33	34	35	36
n° registro		5529	5900	5901	5902
Data prelievo		26 Ottobre 1995	13 novembre 1995	13 Novembre 1995	13 Novembre 1995
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.3	0.4	0.5	0.5
pH		7.4	7.0	7.1	7.1
Conducibilità a 25°C	µS/cm	428	691	693	1255
Residuo fisso calcolato	mg/l	257	415	416	753
Durezza totale	° F	20.1	34.6	34.0	65.0
Calcio	mg/l Ca ⁺²	70.4	126	127	179
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	6.1	7.8	5.6	46.8
Cloruri	mg/l Cl ⁻	9.7	20.1	20.0	59.3
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	13.6	37.1	35.6	2.5
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	21.8	17.0	16.7	398
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	220	360	357	311
Sodio	mg/l Na ⁺	10.7	13.7	14.0	37.1
Potassio	mg/l K ⁺	1.8	1.5	1.5	2.6
T.O.C.	mg/l C	-	-	-	-
Diff. meq. cationi - anioni		- 0.02	0.12	0.10	- 0.63
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	180	295	293	255
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	176	314	317	447
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A · H)		11.9	12.0	12.1	12.2

Provincia		Siena	Livorno	Livorno	Lucca
Località e/o denominazione		Poggibonsi V.le Marconi	Piombino Campo all'Olmo	Piombino Calamoresca	Città
n° campione		37	38	39	40
n° registro		5903	6063	6064	6067
Data prelievo		13 novembre 1995	29 novembre 1995	29 novembre 95	30 novembre 1995
Temperatura	° C				
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.5	0.2	0.2	0.2
pH		7.2	7.5	7.5	7.6
Conducibilità a 25°C	µS/cm	1257	1154	1223	550
Residuo fisso calcolato	mg/l	754	692	734	330
Durezza totale	° F	65.1	46.2	48.4	26.4
Calcio	mg/l Ca ⁺²	179	151	155	86.4
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	49.6	20.5	23.3	11.7
Cloruri	mg/l Cl ⁻	59.5	158	173	25.5
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	2.4	17.5	17.2	3.3
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	392	132	135	95.9
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	311	305	281	208
Sodio	mg/l Na ⁺	37.1	53.3	53.2	17.0
Potassio	mg/l K ⁺	2.5	11.4	11.6	1.8
T.O.C.	mg/l C	-	2.4	2.4	-
Diff. meq. cationi - anioni		- 0.30	- 0.65	- 0.30	- 0.11
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	255	250	230	170
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	446	377	388	216
Ind. aggressiv. = pH + log ₁₀ (A· H)		12.3	12.5	12.5	12.2

Provincia		Arezzo	Arezzo	Pisa	Pisa
Località e/o denominazione		La Fortezza	Porta S. Clemente	Montopoli Pozzi di Viano	San Romano
n° campione		41	42	43	44
n° registro		90	91	317	318
Data prelievo		11 gennaio 1996	11 gennaio 1996	22 gennaio 1996	22 gennaio 1996
Temperatura	° C	-	-	-	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.3	0.1	0.1	0.1
pH		6.9	6.7	7.3	7.4
Conducibilità a 25°C	µS/cm	369	380	888	855
Residuo fisso calcolato	mg/l	221	228	533	513
Durezza totale	° F	19	20	41	40
Calcio	mg/l Ca ⁺²	56.0	56.8	122	118
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	12.2	14.1	25.5	25.5
Cloruri	mg/l Cl ⁻	12.1	12.0	37.9	37.1
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	2.7	2.7	< 0.5	< 0.5
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	21.8	21.7	45.8	32.5
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	183	183	482	473
Sodio	mg/l Na ⁺	9.6	11.0	39.8	34.8
Potassio	mg/l K ⁺	2.7	4.9	2.2	2.1
T.O.C.	mg/l C	2.0	2.0	-	-
Diff. meq. cationi - anioni		0.44	0.76	0.05	0.08
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	150	150	395	387
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	140	142	305	295
Ind. aggressiv. = pH + log ₁₀ (A·H)		11.2	11.0	12.4	12.5

Provincia		Firenze	Firenze	Livorno	Livorno
Località e/o denominazione		Scandicci Ponte a Moretto	Scandicci Olmo	Isola d'Elba Morione Campo nell'Elba	Isola d'Elba Dep. Marciana Marciana
n° campione		45	46	47	48
n° registro		--	--	--	--
Data prelievo		22 febbraio 1996	22 febbraio 1996	8 maggio 1996	8 maggio 1996
Temperatura	° C	--	--	14.4	12.5
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	1.1	0.7	0.2	0.1
pH		7.5	7.5	7.5	7.5
Conducibilità a 25°C	µS/cm	611	850	160	142
Residuo fisso calcolato	mg/l	367	510	96	85
Durezza totale	° F	29.0	42.2	2.2	2.4
Calcio	mg/l Ca ⁺²	102	121	5.9	7.0
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	8.3	29.6	1.7	1.6
Cloruri	mg/l Cl ⁻	28.6	62.5	24.9	21.7
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	18.2	26.3	0.5	0.5
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	34.0	61.7	11.0	6.5
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	342	375	21.3	24.4
Sodio	mg/l Na ⁺	20.5	30.7	19.5	16.1
Potassio	mg/l K ⁺	2.4	4.5	1.1	0.9
T.O.C.	mg/l C	1.8	2.3	1.8	1.5
Diff. meq. cationi - anioni		- 0.68	0.30	0.02	0.05
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	280	307	17.4	20.0
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	256	302	14.9	17.5
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A· H)		12.6	12.5	9.9	10.0

Provincia		Livorno	Livorno	Livorno	Grosseto
Località e/o denominazione		Isola d'Elba Mrciana Marina Capitella	Isola d'Elba pozzo Sassi Turchini Porto Azzurro	Isola d'Elba Potoferraio San Rocco	Centro Città
n° campione		49	50	51	52
n° registro		-	-	-	-
Data prelievo		8 maggio 1996	8 maggio 1996	8 maggio 1996	10 maggio 1996
Temperatura	°C	12.9	22.0	17.8	--
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.3	0.2	0.3	0.1
pH		7.4	7.1	7.0	6.8
Conducibilità a 25°C	µS/cm	284	1014	1148	689
Residuo fisso calcolato	mg/l	170	608	689	413
Durezza totale	° F	7.6	44.2	44.8	29.2
Calcio	mg/l Ca ⁺²	23.5	90.3	131	80.4
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	4.2	53.0	29.2	22.1
Cloruri	mg/l Cl ⁻	34.4	71.5	149	32.1
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	8.6	< 0.5	20.4	1.5
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	21.1	164	127	149
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	61.0	360	293	211
Sodio	mg/l Na ⁺	23.3	38.0	42.0	40.3
Potassio	mg/l K ⁺	1.6	90.3	4.6	2.7
T.O.C.	mg/l C	3.7	2.0	1.9	1.3
Diff. meq. cationi - anioni		0.02	1.50	-1.07	0.16
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	50.0	295	240	173
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	58.7	226	328	201
Ind. aggrss. = pH + log ₁₀ (A · H)		10.9	11.9	11.9	11.3

Provincia		Firenze	Firenze	Firenze	Firenze
Località e/o denominazione		Empoli Centr. Castelluccio	Empoli Dep. Sovigliana	Castelfiorentino Centr. via Roosevelt	Gambassi La Striscia
n° campione		53	54	55	56
n° registro		-	-	-	-
Data prelievo		10 giugno 1996	10 giugno 1996	10 luglio 1996	10 luglio 1996
Temperatura	° C	16.1	16.4	16.8	-
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	0	0	0	0
Torbidità	F.T.U.	0.3	0.2	0.2	0.2
pH		7.3	7.2	7.3	8.0
Conducibilità a 25°C	µS/cm	1376	1082	1579	907
Residuo fisso calcolato	mg/l	835	681	947	544
Durezza totale	° F	53.6	39.1	75.9	49.6
Calcio	mg/l Ca ⁺²	149	115	200	40
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	40.0	25.0	63.0	96.5
Cloruri	mg/l Cl ⁻	100	75	88	30
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	15.0	9.0	6.4	2.2
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	88	96	343	47
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	0.11	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	615	411	540	530
Sodio	mg/l Na ⁺	96	70	76.0	14
Potassio	mg/l K ⁺	3.5	6.0	4.4	0.5
T.O.C.	mg/l C	2.2	--	1.8	0.6
Diff. meq. cationi - anioni		- 0.01	0.00	0.01	- 0.11
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	504	337	442	434
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	371	287	499	99.9
Ind. aggressiv. = pH + log ₁₀ (A - H)		12.6	12.2	12.6	12.6

Provincia		Firenze	Firenze	Firenze
Località e/o denominazione		Viale Redi Angolo v. Mariti	Viale Redi Angolo v. Fontana	Via Locchi
n° campione		57	58	59
n° registro		--	--	--
Data prelievo		18 novembre 1996	18 novembre 1996	18 novembre 1996
Temperatura	° C	-	16.4	16.8
Colore	Scala Pt/Co	< 5	< 5	< 5
Odore	Tasso dil.	2	1	1
Torbidità	F.T.U.	0.2	0.1	0.2
pH		7.5	7.5	7.5
Conducibilità a 25°C	µS/cm	599	590	595
Residuo fisso calcolato	mg/l	359	354	357
Durezza totale	° F	24.8	24.2	24.6
Calcio	mg/l Ca ⁺²	77.1	76.8	77.6
Magnesio	mg/l Mg ⁺²	13.4	12.2	12.6
Cloruri	mg/l Cl ⁻	44.7	43.8	43.9
Nitrati	mg/l NO ₃ ⁻	10.8	11.0	11.2
Solfati	mg/l SO ₄ ⁻²	44.6	43.6	43.8
Ammonio	mg/l NH ₄ ⁺	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitriti	mg/l NO ₂ ⁻	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Idrogenocarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	238	239	242
Sodio	mg/l Na ⁺	27.5	27.6	27.9
Potassio	mg/l K ⁺	3.5	3.4	3.2
T.O.C.	mg/l C	2.3	-	2.3
Diff. meq. cationi - anioni		- 0.03	- 0.02	0.00
Alcalinità tot. = A	mg/l CaCO ₃	195	193	193
Durezza calcica = H	mg/l CaCO ₃	193	192	194
Ind. aggressiv. = pH + log ₁₀ (A / H)		12.1	12.1	12.1

13/amianto/tabanal.wri