

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

**Cessione di elementi dalle reti acquedottistiche
nell'acqua destinata al consumo umano:
evidenze sperimentali per modelli gestionali
innovativi di controllo igienico-sanitario**

Enrico Veschetti, Laura Achene, Luca Lucentini,
Emanuele Ferretti, Giovanni Citti, Massimo Ottaviani

Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria

ISSN 1123-3117

Rapporti ISTISAN

09/34

Istituto Superiore di Sanità

Cessione di elementi dalle reti acquedottistiche nell'acqua destinata al consumo umano: evidenze sperimentali per modelli gestionali innovativi di controllo igienico-sanitario.

Enrico Veschetti, Laura Achene, Luca Lucentini, Emanuele Ferretti, Giovanni Citti, Massimo Ottaviani
2009, 50 p. Rapporti ISTISAN 09/34

La Direttiva Europea 98/83/CE sulla qualità delle acque destinate al consumo umano, recepita in Italia con il DL.vo 31/2001, fissa le condizioni per assicurare un elevato livello di protezione della salute del consumatore; al contempo impone agli Stati Membri l'obbligo di garantire la qualità dei materiali e dei prodotti impiegati nella preparazione e nella distribuzione dell'acqua potabile al fine di non compromettere tale livello di protezione. È in questo ambito che il Reparto Igiene delle Acque Interne dell'Istituto Superiore di Sanità ha ritenuto opportuno sviluppare un progetto di ricerca nazionale, interamente finanziato dal Ministero della Salute, finalizzato all'approfondimento del livello di conoscenza sull'impatto delle principali reti di distribuzione sulla qualità delle acque potabili italiane, in relazione alla tipologia dei materiali metallici attualmente installati e ai metodi di campionamento.

Parole chiave: Materiali di costruzione, Acqua potabile, Migrazione dei metalli, Reti di distribuzione

Istituto Superiore di Sanità

Metal migration from drinking-water distribution systems: experimental evidences useful for innovative management models in hygiene and sanitary control.

Enrico Veschetti, Laura Achene, Luca Lucentini, Emanuele Ferretti, Giovanni Citti, Massimo Ottaviani
2009, 50 p. Rapporti ISTISAN 09/34 (in Italian)

The Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption establishes a high level of protection for the consumer and requires Member States to ensure that substances and materials used in preparation and distribution of drinking water do not reduce that level of protection. For this purpose, the Section of Inland Water Hygiene of Istituto Superiore di Sanità (the National Institute of Health in Italy) has developed a research project at national level, funded by the Italian Ministry of Health, aiming at the determination of variations in drinking water quality as an effect of interactions with metallic materials in Italian distribution systems and of sampling methods.

Key words: Construction products, Drinking water, Metal migration, Water distribution systems

Per informazioni su questo documento scrivere a: enrico.veschetti@iss.it

Il rapporto è accessibile online dal sito di questo Istituto: www.iss.it.

Citare questo documento come segue:

Veschetti E, Achene L, Lucentini L, Ferretti E, Citti G, Ottaviani M. *Cessione di elementi dalle reti acquedottistiche nell'acqua destinata al consumo umano: evidenze sperimentali per modelli gestionali innovativi di controllo igienico-sanitario*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2009. (Rapporti ISTISAN 09/34).

Presidente dell'Istituto Superiore di Sanità e Direttore responsabile: *Enrico Garaci*
Registro della Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988

Redazione: *Paola De Castro, Sara Modigliani e Sandra Salinetti*
La responsabilità dei dati scientifici e tecnici è dei singoli autori.

© Istituto Superiore di Sanità 2009

INDICE

Introduzione	1
1. Struttura, organizzazione e partecipanti del progetto	4
1.1. Obiettivi e strategie di intervento.....	4
1.2. Articolazione del progetto.....	4
1.3. Enti promotori e coordinatori.....	5
1.4. Enti partecipanti e loro distribuzione geografica.....	5
2. Campionamento, raccolta, misura ed elaborazione dati	7
2.1. Procedure per l'armonizzazione delle attività di campionamento, di misura e di raccolta dati.....	7
2.2. Archiviazione ed elaborazione dei risultati prodotti.....	10
2.2.1. Archiviazione dei dati acquisiti in un database.....	10
2.2.2. Analisi dei risultati.....	10
3. Risultati e discussione	12
3.1. Database relazionale contenente i dati acquisiti.....	12
3.2. Informazioni generali sui siti monitorati.....	12
3.3. Limiti di rivelabilità.....	15
3.4. Risultati dell'attività di monitoraggio.....	15
3.5. Effetto della modalità di campionamento sulla concentrazione degli elementi all'utenza.....	24
Conclusioni	26
Bibliografia	28
Appendice A	
Struttura del database.....	31

INTRODUZIONE

La Direttiva Europea 98/83/CE sulla qualità delle acque destinate al consumo umano (*Drinking Water Directive*, DWD), recepita in Italia con il DL.vo 31/2001 (1), fissa le condizioni per assicurare un elevato livello di protezione della salute del consumatore; al contempo impone agli Stati Membri l'obbligo di garantire la qualità dei materiali e dei prodotti impiegati nella preparazione e nella distribuzione dell'acqua potabile al fine di non compromettere tale livello di protezione. Nel caso di acque erogate attraverso una rete di distribuzione, il rispetto della conformità deve essere assicurato al punto di consegna: ciò implica la necessità di verificare il comportamento chimico di tutti i materiali da costruzione (*Construction Products in Contact with Drinking Water*, CPDW) posti a contatto con l'acqua potabile, inclusi quelli impiegati in condutture, raccordi e dispositivi installati all'interno delle abitazioni private.

Il problema più rilevante per l'industria operante nel settore dell'acqua potabile è il fenomeno della corrosione dei sistemi di distribuzione e i relativi costi economici, i deterioramenti strutturali e la possibile mancanza di sicurezza per il consumatore. La corrosione è definita come "il deterioramento di un materiale, generalmente un metallo, dovuta ad una reazione dello stesso con l'ambiente circostante" (2). In particolare, la corrosione dei metalli è di natura elettromagnetica ed è definita come "la distruzione di un metallo a seguito di reazioni ossido-riduttive" (3). Generalmente, non vi sono effetti diretti sulla salute umana da parte dei prodotti di corrosione metallica che si instaura nei sistemi di distribuzione di acqua potabile; tuttavia la corrosione può causare, a volte, il rilascio di elementi chimici che potrebbero causare problemi igienico-sanitari. I principali contaminanti che possono rappresentare un rischio per la sicurezza dell'acqua destinata al consumo umano sono il cadmio, il cromo, il nichel e il piombo (4-8). Altri elementi che possono essere rilasciati nell'acqua, come conseguenza della corrosione dei sistemi di distribuzione, sono l'alluminio, il ferro, il rame e lo zinco. Attualmente molti elementi, normalmente presenti nella formulazione dei CPDW metallici, sono soggetti a controllo periodico come parametri della DWD.

Diversi fattori possono influenzare l'interazione tra acqua e materiali metallici: la composizione e le proprietà superficiali del materiale; il numero delle connessioni e delle installazioni per unità di lunghezza della tubazione; il rapporto superficie/volume dei materiali impiegati; la loro disposizione nel sistema di distribuzione; il tempo intercorso dalla loro installazione; le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua; la velocità di flusso di quest'ultima (9). Il rilascio di metalli nell'acqua è influenzato in modo differente da ciascuno di questi fattori. Per quanto riguarda piombo, rame e ferro, il loro rilascio diminuisce con il trascorrere del tempo. Il piombo, presente nelle vecchie condutture o come impurezza in alcune leghe metalliche, migra in acqua in quantità inversamente proporzionale all'età della rete (10-14) raggiungendo concentrazioni elevate durante il primo anno di installazione delle tubature (10, 12). Il rame è generalmente usato negli impianti domestici sottoforma di leghe. La sua concentrazione in acqua decresce con l'invecchiamento degli impianti, anche a distanza di dieci e venti anni dal primo utilizzo (10, 14-15). Per quanto riguarda il ferro la sua presenza in acqua potabile è associata all'impiego di ghisa, ferro dolce, acciaio zincato e acciaio inox nei sistemi di distribuzione. Tra i componenti specifici che presumibilmente entrano in contatto con l'acqua troviamo la superficie interna e alcune parti meccaniche di pozzi, pompe, strumenti di miscelazione, contatori, tubature e valvole. Il ferro può essere rilasciato direttamente dai componenti in ferro o, indirettamente, dai sottoprodotti della sua corrosione (tubercoli). In generale sia la concentrazione di ferro che il grado di corrosione aumenta con il tempo di

esposizione all'acqua per poi diminuire gradualmente al crescere dello spessore delle incrostazioni (16). Il rilascio di nichel dalle tubature in acciaio inox diminuisce nel giro di poche settimane; analogamente al cromo, che viene ritrovato raramente nell'acqua potabile, anche la presenza di nichel non è di origine corrosiva ma piuttosto attribuibile ad un rilascio passivo di ioni dalla superficie delle condutture (17).

Il pH e l'alcalinità sono i fattori che influenzano maggiormente la corrosione e il rilascio di elementi dai materiali che compongono i sistemi di distribuzione. La solubilità dei sottoprodotti della corrosione metallica diminuisce con l'aumentare del pH. Esperienze sul campo hanno evidenziato che la concentrazione di piombo al rubinetto diminuisce a valori di pH superiori ad 8 (18-21). Ciò è supportato dai modelli termodinamici, in base ai quali la solubilità dell'elemento è minima a pH relativamente alti (pH = 9,8) e a livelli di alcalinità ridotti (30-50 mg/L di calcio carbonato) (22-27). Analogamente il rilascio di rame aumenta quando l'alcalinità sale e il pH scende (28). Sebbene, in quest'ultimo caso, gli ioni idrogeno non esercitino un ruolo riduttivo diretto sulla superficie del materiale, il pH altera la velocità di corrosione del rame agendo sul potenziale redox dell'ossigeno e sullo stato di ossidazione dell'elemento in soluzione (29). Per quanto riguarda il ferro, il suo rilascio in acqua decresce con l'innalzamento del pH (18, 30-32) e l'aumento dell'alcalinità (32). Lo zinco è utilizzato nella produzione di prodotti in leghe resistenti alla corrosione, è presente nell'ottone, nell'acciaio zincato e nel ferro. Si è visto che le acque più aggressive sono quelle a basso pH, ad alto contenuto di anidride carbonica e a scarso contenuto di sali (33).

Indipendentemente dagli effetti provocati da ogni singolo fattore sopra discusso, l'aumento di ioni metallici in acqua è sempre correlato al suo tempo di residenza nelle tubazioni (34). I livelli di piombo e di rame aumentano rapidamente all'aumentare del tempo di stagnazione negli impianti di distribuzione raggiungendo un equilibrio dopo circa 8 ore o più (35-36). Il comportamento del rame è più complesso di quello del piombo: dati di letteratura mostrano una proporzionalità diretta tra concentrazione di rame nell'acqua e tempo di stagnazione, almeno per i periodi brevi; per periodi di stagnazione superiori alle 48 h il processo sembra raggiungere un *plateau* (35, 37). Periodi alterni di flussaggio e di stagnazione sono stati indicati come la causa principale del fenomeno "acqua rossa", ovvero una manifestazione della corrosione del ferro presente nelle tubazioni (38). Anche l'ossigeno disciolto è correlato ad un maggior rilascio di ferro in condizioni di stagnazione piuttosto che di flussaggio (39). Nelle abitazioni private il tempo di residenza dell'acqua è funzione sia della capacità delle tubature che delle abitudini del consumatore; ciò implica delle forti variazioni nel tempo di migrazione e di conseguenza nella concentrazione dei metalli. In generale il tempo medio di migrazione in un'abitazione varia tra 15 min (nel migliore dei casi) e diverse ore (nel peggiore dei casi). Diventa pertanto rilevante, prima di effettuare un campionamento, stabilire appropriati tempi di migrazione e ritmi di flussaggio.

L'attività di monitoraggio condotta sul territorio europeo ha spesso evidenziato un incremento della concentrazione di metalli nelle acque destinate al consumo umano a seguito dell'impiego di condutture e raccordi metallici. Tale variazione di concentrazione può presentarsi come un fenomeno transiente legato ai processi di stabilizzazione/passivazione dei nuovi materiali installati nella rete di distribuzione o, in alcuni casi, come un fenomeno persistente di rilascio che accompagna tutta la vita utile del materiale utilizzato. È, pertanto, evidente la necessità di un attento riesame del comportamento chimico dei materiali metallici attualmente impiegati nelle reti di distribuzione, alla luce dei limiti particolarmente stringenti imposti dalla DWD.

Alla fine degli anni novanta, nelle riunioni della Commissione Europea, era emersa la necessità di rivedere il campionamento con stagnazione poiché quello inizialmente suggerito, 30MS (ovvero flussaggio per 5 min e prelievo dopo 30 min di stagnazione), risultava non essere

rappresentativo dell'*intake* settimanale medio di alcuni elementi elencati come parametri nella DWD. In particolare, la delegazione tedesca proponeva, come più appropriata, la modalità di campionamento 240MS (ovvero flussaggio per 5 min e prelievo dopo 240 min di stagnazione).

Per affrontare sistematicamente queste nuove esigenze la Direzione Generale Impresa ed Industria della Commissione Europea, su richiesta di alcuni Stati Membri ed in accordo con il Comitato Permanente europeo sulle Costruzioni (*Standing Committee on Constructions*, SCC), ha ritenuto opportuno costituire un Gruppo di Regolatori (*Regulators Group on Construction Products for Drinking Water*, RG-CPDW, recentemente rinominato *Expert Group on Construction Products for Drinking Water*, EG-CPDW, ovvero “Gruppo di Esperti”) ufficialmente incaricato di occuparsi di tutte le questioni tecniche inerenti i materiali da costruzione in contatto con l'acqua potabile. In particolare, nell'ambito di questo gruppo, il Sottogruppo “Metalli” è stato delegato all'esame preliminare degli aspetti connessi ai metodi di prova e all'individuazione dei criteri di accettabilità da applicare ai materiali metallici che saranno autorizzati all'impiego in acquedottistica. Data la complessità delle interazioni tra i differenti CPDW metallici e l'acqua nonché l'assenza di metodi di prova standardizzati, il Sottogruppo ha, sin dall'inizio della sua attività, riconosciuto la necessità di applicare un approccio consultivo invitando, nelle discussioni tecniche, esperti nazionali, rappresentanti dell'industria ed estensori di metodi e standard europei. Attualmente l'orientamento principale per quanto concerne le modalità di prelievo è l'adozione della modalità RDT (*Random Day Time*) in cui un campione di acqua del volume di 1 L viene prelevato senza scorrimento ad un tempo scelto casualmente durante l'arco della giornata lavorativa. Allo stato attuale, in tutto il territorio europeo, la scelta e il successivo impiego in acquedottistica di materiali metallici non è regolamentato da procedure standardizzate in grado di valutare in modo riproducibile il rilascio in acqua di microinquinanti. Viceversa, il giudizio di idoneità all'uso è spesso espresso in base a norme o regolamenti nazionali, linee guida informali o conoscenze empiriche sulla compatibilità del materiale prescelto con il tipo di acqua disponibile localmente. In un prossimo futuro, l'adozione di uno Schema Europeo di Accettabilità (*European Acceptance Scheme*, EAS), condiviso da tutti gli Stati Membri dell'UE, rappresenterà un adeguato strumento per garantire la protezione della salute pubblica e contemporaneamente un'opportunità per l'industria di ottenere una certificazione di prodotto valida in tutto il territorio europeo. Il nuovo EAS dovrà tuttavia essere fondato su un sistema trasparente articolato sull'applicazione di procedure rigorose dal punto di vista scientifico.

È in questo ambito che il Reparto Igiene delle Acque Interne dell'Istituto Superiore di Sanità (essendo alcuni suoi esperti presenti sia nell'EG-CPDW che nei sottogruppi di lavoro) ha ritenuto opportuno sviluppare un progetto di ricerca nazionale (dal titolo “Modelli gestionali innovativi di controllo igienico-sanitario delle reti acquedottistiche con riferimento alla captazione, al trattamento, all'adduzione, alla raccolta, alla distribuzione dell'acqua destinata al consumo umano ed al controllo della sua qualità”), interamente finanziato dal Ministero della Salute, finalizzato all'approfondimento del livello di conoscenza sull'impatto delle principali reti di distribuzione sulla qualità delle acque potabili italiane, in relazione alla tipologia dei materiali metallici attualmente installati e ai metodi di campionamento.

1. STRUTTURA, ORGANIZZAZIONE E PARTECIPANTI DEL PROGETTO

1.1. Obiettivi e strategie di intervento

L'attività del progetto, collocabile nell'ambito dei programmi di ricerca sulla sanità pubblica, è stata finalizzata all'approfondimento del livello di conoscenza, a livello nazionale, sulla problematica sanitaria derivante dalle potenziali modifiche delle caratteristiche di qualità dell'acqua potabile, addotta e distribuita all'utenza, in relazione alla tipologia dei materiali metallici utilizzati per il suo trasporto. Parte integrante del progetto è stato il trasferimento dei dati prodotti nel corso delle attività sperimentali agli operatori del settore, al fine di divulgare le informazioni acquisite sull'impatto delle infrastrutture di trasporto dell'acqua sulle caratteristiche di qualità dell'acqua stessa.

Le indicazioni emerse dallo studio in questione rappresentano ad oggi degli elementi conoscitivi utili a livello decisionale, anche in ambito europeo, per la definizione di strategie di controllo dei metalli nelle acque destinate al consumo umano, in particolare per il monitoraggio al punto di distribuzione domestico.

1.2. Articolazione del progetto

In considerazione delle finalità descritte e in accordo con quanto programmato, il progetto è stato articolato nelle fasi riportate in Tabella 1.

Tabella 1. Articolazione del progetto

Fase	Attività	Durata (mesi)
1	Selezione delle Unità Operative: Gestori e Laboratori pubblici in base a criteri di rappresentatività dei dati raccolti sul territorio nazionale ed efficiente interazione delle attività svolte dai due soggetti	3
2	Pianificazione delle attività sperimentali: - definizione delle variabili oggetto di indagine - pianificazione del protocollo sperimentale: o tipologia di campionamento o distribuzione spazio-temporale dei prelievi o definizione dei parametri suppletivi da indagare o armonizzazione delle metodologie analitiche utilizzate o raccolta dati sui materiali costitutivi delle reti esterne e interne	2
3	Attività sperimentali di raccolta e produzione dati	8
4	Elaborazione dei dati	2
5	Valutazione dei dati	1
6	Produzione del rapporto finale	1
7	Diffusione dei risultati e trasferimento delle conoscenze agli operatori del settore	1

1.3. Enti promotori e coordinatori

Il progetto è stato elaborato, sviluppato e coordinato da: Dott. Massimo Ottaviani dell'Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e connessa prevenzione primaria; Dott. Nicola Sarti già del Ministero della Salute, Direzione Generale della Prevenzione.

Il Ministero della Salute ha interamente finanziato le spese sostenute nello svolgimento delle attività sperimentali nel periodo compreso tra ottobre 2002 e maggio 2004. Nei mesi successivi, il progetto è proseguito con le valutazioni tecniche, igienico-sanitarie e le elaborazioni statistiche.

1.4. Enti partecipanti e loro distribuzione geografica

In conformità agli obiettivi definiti, ha rivestito fondamentale importanza il coinvolgimento di un numero rappresentativo, sia per potenzialità che per distribuzione geografica, di:

- *Gestori di acquedotto*
(per propria finalità statutaria, gestiscono l'approvvigionamento idrico e i relativi impianti di distribuzione);
- *Laboratori pubblici di controllo analitico*
(responsabili delle attività di laboratorio per il controllo analitico della qualità dell'acqua potabile, che hanno, fra l'altro, facoltà di campionamento e indagine lungo tutta la filiera distributiva secondo quanto previsto dall'art. 8 del DL.vo 31/2001).

In Figura 1 è riportata la loro distribuzione geografica.

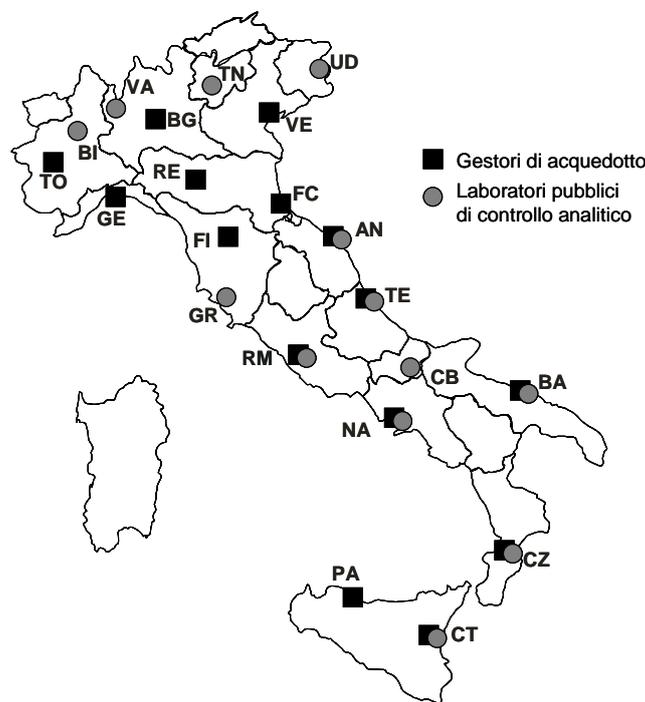


Figura 1. Distribuzione sul territorio nazionale delle Unità Operative partecipanti al progetto

Per il coinvolgimento dei Gestori di acquedotto è stato necessario inoltrare, in via preliminare, una richiesta di interesse a Federgasacqua (ora Federutility), i cui associati distribuiscono, in qualità di gestori di acquedotto, circa il 60% dell'acqua potabile sul territorio nazionale, con una popolazione servita di circa il 64%. Per quanto riguarda invece i laboratori pubblici di controllo analitico, ci si è rivolti alla Presidenza delle singole regioni o province autonome, che hanno individuato i Laboratori pubblici di competenza da coinvolgere nello studio.

A seguito delle informazioni ricevute, sono stati contattati 15 Gestori di acquedotti e 13 Laboratori pubblici (Tabella 2) che hanno aderito formalmente al progetto divenendo le Unità Operative dello studio.

Tabella 2. Unità Operative che hanno partecipato al progetto

Regione	Prov.	Simbolo	Ente	Tipologia	Referenti*
Abruzzo	TE	Ab-TE-g	ACAR	Gestore	Giambuzzi D.
	TE	Ab-TE-l	ARTA	Lab. pubblico	Marcozzi D., Detti F.
Calabria	CZ	Ca-CZ-g	Uff. Acq.	Gestore	Marsili A.
	CZ	Ca-CZ-l	ARPA	Lab. pubblico	Migliorino C.
Campania	NA	Cm-NA-g	ARIN	Gestore	Villani S, Giordano R.
	NA	Cm-NA-l	ARPA	Lab. pubblico	Manna A.
Emilia Romagna	FC	Er-FC-g	HERA	Gestore	Leoni G.
	RE	Er-RE-g	AGAC	Gestore	Fontani N.
Friuli-Venezia Giulia	UD	Fv-UD-l	ARPA	Lab. pubblico	Princi M.
Lazio	RM	La-RM-g	ACEA	Gestore	Cecchini G.
	RM	La-RM-l	ASL RM C	Lab. pubblico	Mattiacci M.
Liguria	GE	Li-GE-g	AMGA	Gestore	Palumbo F.
Lombardia	BG	Lo-BG-g	BAS	Gestore	Alava F.
	VA	Lo-VA-l	ASL	Lab. pubblico	Soma R.
Marche	AN	Ma-AN-g	Gorgovivo	Gestore	Pieroni M.
	AN	Ma-AN-l	ARPA	Lab. pubblico	De Rosa F., Salvatori P.
Molise	CB	Mo-CB-l	ARPA	Lab. pubblico	Marasco C.
Piemonte	BI	Pi-BI-l	ARPA	Lab. pubblico	Anselmetti M.
	TO	Pi-TO-g	SMAT	Gestore	Fungi M.
Puglia	BA	Pu-BA-g	AQP	Gestore	Di Marino R.
	BA	Pu-BA-l	ARPA	Lab. pubblico	Perrino V.
Sicilia	CT	Si-CT-g	ACoSet	Gestore	Sambataro G.
	CT	Si-CT-l	Università	Lab. pubblico	Sciacca S.
	PA	Si-PA-g	AMAP	Gestore	Mercurio P.
Toscana	FI	To-FI-g	Pubbliacqua	Gestore	Burrini D.
	GR	To-GR-l	ARPA	Lab. pubblico	Netti R., Cherubini M.
Trento**	TN	Tr-TN-l	UOPA	Lab. pubblico	Guizzardi F.
Veneto	VE	Ve-VE-g	VESTA	Gestore	Fabris M.

* che hanno seguito la programmazione e lo svolgimento delle attività sperimentali.

** Provincia Autonoma

2. CAMPIONAMENTO, RACCOLTA, MISURA ED ELABORAZIONE DATI

2.1. Procedure per l'armonizzazione delle attività di campionamento, di misura e di raccolta dati

Attraverso una serie di incontri tra le Unità Operative e gli Enti Organizzatori, sono state individuate le variabili da considerare quali parametri critici oggetto di indagine al fine del raggiungimento degli obiettivi del progetto.

In particolare si è ritenuto opportuno acquisire dati su:

- i parametri da indagare (piombo, cromo, nichel, ferro, rame e zinco) che risultano essere in relazione con i fenomeni di cessione delle reti idriche;
- i dati storici da acquisire nel corso delle indagini, che risultano rilevanti ai fini della caratterizzazione della qualità dell'acqua nelle reti di distribuzione;
- le modalità e punti di prelievo, tenendo in considerazione le linee guida, in fase avanzata di predisposizione da parte della DWD della Commissione Europea, in materia di controllo di metalli nelle acque destinate al consumo umano (40).

Sono stati quindi elaborati i criteri di scelta delle utenze, come riportato in Tabella 3a.

Tabella 3a. Criteri di scelta delle utenze

Parametro	Specifica
Numero delle utenze:	1 ogni 2.000 abitanti (per centri urbani fino a 0,5 milioni di abitanti.) 1 ogni 5.000 abitanti (per centri urbani con 0,5-1,5 milioni di abitanti) 1 ogni 15.000 abitanti (per centri urbani con 1,5-4,0 milioni di abitanti)
Distribuzione omogenea delle utenze per:	zone (circostrizioni, quartieri, ecc.), tipologia degli edifici (unifamiliari, condomini) età degli edifici (nuovi/vecchi)
Tipologia delle utenze:	60% private e 40% pubbliche (per gli Enti di Controllo) 90% private e 10% pubbliche (per i Gestori di acquedotto)
Informazioni da acquisire all'utenza:	quelle elencate nella scheda tecnica (vedi Figura 2)

La Tabella 3b riporta il protocollo operativo sulle procedure da adottare in fase di prelievo, conservazione ed analisi dei campioni nonché sulla raccolta di ulteriori dati in modo da armonizzare i comportamenti dalle diverse Unità Operative.

Tabella 3b. Protocollo operativo su procedure di prelievo, conservazione e analisi dei campioni, e raccolta di informazioni complementari

Parametro	Specifica
Modalità di prelievo:	RDT (ovvero prelievo casuale senza scorrimento); 30MS (ovvero prelievo dopo 30 min di stagnazione preceduta da 5 min di scorrimento); 240MS (ovvero prelievo dopo 240 min di stagnazione preceduta da 5 min di scorrimento)
Numero di campioni:	2 per ciascuna utenza
Orario del prelievo:	10.00-12.00 (per campionamenti ufficiali effettuati da prelevatori); 19.00-21.00 (per campionamenti individuali effettuati da colleghi)
Punto di prelievo:	rubinetto di cucina nelle abitazioni; rubinetto principale negli edifici pubblici
Contenitore per il prelievo:	polietilene, trattato con acido nitrico 1:1
Stabilizzazione del campione:	acidificare entro 12 ore dal prelievo
Analisi dei campioni:	analizzare non prima di 2 ore dall'acidificazione
Parametri di indagine:	Cr, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn
Metodi di analisi:	ISS o equivalenti
Limiti minimi di rivelabilità:	1 µg/L per Pb; 5 µg/L per Cr, Cu e Ni; 10 µg/L per Fe e Zn
Ripetizioni dei campioni:	in caso di superamento del valore parametrico del DL.vo 31/2001, campionare nuovamente all'utenza e al contatore
Informazioni complementari:	per ogni utenza o gruppi di utenze sono richiesti i valori dei metalli (Cr, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn) nella rete di distribuzione e le caratteristiche delle fonti di approvvigionamento (pH, T, Ca, Mg, Na, K, alcalinità, SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻) utilizzando, ove disponibili, dati storici

Si è inoltre ritenuto opportuno predisporre una scheda per la raccolta delle informazioni necessarie alla caratterizzazione di ciascun sito di prelievo.

La Figura 2 riporta la scheda tecnica in questione da compilare all'atto del prelievo dei campioni presso ciascun sito esaminato.

SCHEMA TECNICA			
PRELIEVO			
Data _____	Ora _____	Codice campione _____	Modalità _____
UTENTE			
Nome: _____		Tel. _____	
Indirizzo _____		N° _____	Int. _____
Località _____		Comune _____	Provincia _____
DATI GENERALI			
Ubicazione dell'edificio:		<input type="checkbox"/> Centro urbano	<input type="checkbox"/> Periferia
Tipologia dell'edificio:		<input type="checkbox"/> Pubblico	<input type="checkbox"/> Condominio <input type="checkbox"/> Unifamiliare
Rete idrica interna:		Anno di installazione _____	<input type="checkbox"/> Oltre 20 anni <input type="checkbox"/> Non superiore a 20 anni
AUTOCLAVE, SERBATOIO DI STOCCAGGIO, VASCA DI ACCUMULO			
Presenza:		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sì, singolo <input type="checkbox"/> Sì, centralizzato
Descrizione:		_____	
Tipo di materiale:		_____	
TRATTAMENTO DELL'ACQUA ALL'UTENZA			
Presenza:		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sì, singolo <input type="checkbox"/> Sì, centralizzato
Tipologia:		<input type="checkbox"/> Scambio ionico	<input type="checkbox"/> Osmosi inversa <input type="checkbox"/> Anticalcare magnetico
		<input type="checkbox"/> Filtro meccanico	<input type="checkbox"/> Filtro a struttura composita <input type="checkbox"/> Altro _____
TUBAZIONE RETE STRADALE <input type="checkbox"/> ghisa <input type="checkbox"/> acciaio <input type="checkbox"/> piombo <input type="checkbox"/> fibrocemento <input type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> altro _____	TUBAZIONE DI PRESA <input type="checkbox"/> acciaio <input type="checkbox"/> ferro zincato <input type="checkbox"/> piombo <input type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> altro _____	TUBAZIONE IMPIANTO INTERNO <input type="checkbox"/> acciaio <input type="checkbox"/> ferro zincato <input type="checkbox"/> piombo <input type="checkbox"/> rame <input type="checkbox"/> plastico (PE, PVC, ...) <input type="checkbox"/> altro _____	
Note: _____ _____			

Figura 2. Scheda tecnica compilata all'atto del prelievo dei campioni presso ciascun sito esaminato

2.2. Archiviazione ed elaborazione dei risultati prodotti

2.2.1. Archiviazione dei dati acquisiti in un database

I dati acquisiti da ciascuna Unità Operativa sono stati trascritti in un opportuno database, realizzato utilizzando un software di ampia diffusione, *Microsoft Access 2000*, incluso nel pacchetto *Microsoft Office 2000 Professional* in lingua italiana. Le operazioni di trascrizione sono state automatizzate impiegando apposite routine scritte in linguaggio *Visual Basic*. Il database è stato inviato a ciascuna Unità Operativa assieme ad un manuale di istruzione redatto mediante programmi convenzionali di editing, quali *Microsoft Word 2000* e *Microsoft Photo Editor 3.0*.

Al fine di agevolare l'interscambio dei file, i documenti elettronici prodotti sono stati convertiti nel formato compatto e consultabile PDF (*Portable Document Format*), utilizzando il programma *Adobe Acrobat 5.0*.

2.2.2. Analisi dei risultati

I dati acquisiti sono stati elaborati applicando il seguente schema:

a) *Importazione dei dati*

Le informazioni fornite dalle Unità Operative, mediante le tabelle di esportazione del database in *Microsoft Access*, sono state convertite in un formato idoneo alla successiva elaborazione con *Microsoft Excel XP* e *StatSoft Statistica 6.0*. Per la loro conversione sono state utilizzate routine sviluppate in linguaggio *Visual Basic*.

b) *Gestione dei valori aberranti*

I dati aberranti sono stati identificati e segnalati alle Unità Operative responsabili al fine di determinare la loro origine e il loro trattamento. Mediante un confronto con i dati grezzi disponibili presso le Unità Operative si è quindi proceduto alla correzione dei dati dovuti ad errori grossolani di trascrizione o esportazione.

c) *Organizzazione dei dati omogenei in un'unica matrice*

I dati sono stati armonizzati e organizzati in un'unica matrice principale (Ente, Utente, Modalità di prelievo, Livelli di Cr, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn all'utenza e in rete). Per ciascun parametro, è stato scelto il limite di rivelabilità (*Limit of Detection, LOD*) più elevato tra quelli ottenuti dalle singole Unità Operative. Nei casi in cui la concentrazione è risultata inferiore a tale limite, è stato attribuito un valore arbitrario pari a metà del LOD.

d) *Analisi statistica descrittiva*

I metodi dell'analisi statistica descrittiva sono stati applicati all'intero set di dati relativi alle concentrazioni degli elementi target (Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) acquisiti con la modalità di prelievo *random*. Nell'ambito di tale fase sono stati calcolati alcuni parametri descrittivi quali numero di dati, somma, minimo, massimo, intervallo, media aritmetica, media geometrica, media armonica, devianza, varianza, deviazione standard, errore standard, curtosi, asimmetria, 25° percentile e 75° percentile. Ai fini della valutazione del significato sanitario dei risultati riscontrati, i valori risultanti dalle analisi statistiche sono stati anche confrontati con i valori di parametro stabiliti dalla normativa vigente (DL.vo 31/2001) e, limitatamente al caso dello Zn, con la concentrazione massima ammissibile prevista dal precedente DPR 236/1988.

e) *Studio della distribuzione dei dati*

Per valutare normalità, simmetria e curtosi della distribuzione dei dati sono stati utilizzati il test di Kolmogorov-Smirnov, applicabile nella verifica della normalità di un campione anche in presenza di pochi dati, e il test di S.S. Shapiro e M.B. Wilks, nel quale l'ipotesi di normalità viene verificata separatamente per ciascuna popolazione statistica adottando una decisione in base alla risposta della maggioranza. L'applicazione dei suddetti test ha evidenziato forti deviazioni rispetto alla distribuzione gaussiana in tutti i gruppi di dati esaminati. Ciò ha reso necessario l'impiego di test di tipo non parametrico nelle successive valutazioni statistiche, in quanto questi non sono condizionati ad un particolare tipo di distribuzione.

f) *Analisi statistica non parametrica*

Oggetto di studio è stato anche il confronto tra i risultati acquisiti con le diverse modalità di campionamento. A tal fine, tutti i dati relativi ai valori di concentrazione dei diversi elementi target sono stati raggruppati per modalità di campionamento (RDT, 30MS e 240MS) e sono stati identificati i casi per i quali il prelievo è stato ripetuto con differenti modalità. Il confronto tra i diversi gruppi è stato quindi indirizzato alla verifica dell'esistenza di differenze e di eventuali correlazioni di tipo lineare. Sulla base dei risultati dei precedenti test di verifica della distribuzione, si è ricorsi all'adozione di test non parametrici per la verifica delle due condizioni sopra descritte.

In una prima fase è stata valutata l'esistenza di differenze tra i gruppi di dati attraverso il confronto non parametrico dei seguenti rapporti di concentrazione, calcolati per ciascun elemento target a partire dai singoli valori di concentrazione ottenuti con due diverse modalità di campionamento. Il confronto è stato effettuato utilizzando il test dei segni, che rappresenta lo strumento più semplice per la verifica di ipotesi sulla tendenza centrale, e il test dei segni per ranghi di Wilcoxon, detto più semplicemente anche *test t di Wilcoxon*, che consente la verifica di uno scostamento significativo tra la tendenza centrale di una distribuzione di un campione e un qualsiasi valore prefissato di confronto. In una fase successiva è stata valutata la presenza di eventuali correlazioni lineari non parametriche tra i rapporti di concentrazione, per i quali è stata in precedenza accertata l'esistenza di differenze. Le indagini sull'esistenza di correlazione lineare tra i gruppi sono state eseguite mediante i test di correlazione non parametrica ρ di Spearman, il coefficiente di correlazione gamma e il coefficiente di correlazione τ di Kendall.

g) *Analisi dei cluster*

L'effetto prodotto dalla composizione delle reti idriche, dalle caratteristiche chimiche dell'acqua veicolata e dalle caratteristiche del sito di prelievo sulla presenza degli elementi target nell'acqua potabile è stato valutato mediante *cluster analysis* di tutti i dati acquisiti.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Le attività di monitoraggio, espletate da diverse Unità Operative nell'ambito del progetto in questione, hanno consentito la preparazione del primo database italiano in campo acquedottistico contenente informazioni generali su:

- utenze monitorate;
- qualità chimica dell'acqua distribuita nel periodo di durata del progetto;
- materiali usati nelle tubature e nei serbatoi di stoccaggio dell'acqua all'utenza.

Il database contiene inoltre le prestazioni strumentali (LOD) raggiunte nel corso del controllo della qualità dell'acqua, la concentrazione degli elementi target nei campioni prelevati con la modalità RDT nonché l'effetto della procedura di campionamento.

Di seguito vengono descritti in dettaglio i risultati ottenuti.

3.1. Database relazionale contenente i dati acquisiti

Al fine di standardizzare i dati, consentire analisi aggregate e garantire un'agevole leggibilità in fase di divulgazione delle informazioni, è stato elaborato e realizzato un database operante in ambiente informatico di larga diffusione. Il database prodotto nell'ambito del progetto risulta particolarmente versatile e, grazie alla sua struttura modulare, potrà essere impiegato, quale strumento di archiviazione ed elaborazione di dati, in molteplici attività di ricerca e controllo riguardanti la presenza di contaminanti nelle reti idriche. La progettazione del database relazionale è stata effettuata sulla base delle informazioni critiche, dei parametri e dei dati oggetto di studio identificati di concerto tra le diverse Unità Operative e sotto il coordinamento degli Enti Organizzatori. In Figura 3 è rappresentata la struttura relazionale del database. Le principali caratteristiche sono invece riportate, in dettaglio, in Appendice A.

3.2. Informazioni generali sui siti monitorati

Nel corso di questo studio sono stati eseguiti più di 6.000 prelievi in circa 3.800 utenze, delle quali 3/5 erano private (Tabella 4). Circa il 70% delle utenze esaminate erano situate in periferia o in aree rurali (Tabella 4).

Per ogni sito di campionamento, sono state acquisite informazioni sia sulla qualità dell'acqua veicolata che sulla struttura della rete. La Tabella 5 fornisce un sommario della composizione chimica dell'acqua distribuita. È stata riscontrata una forte variabilità nella salinità e nell'aggressività dell'acqua dovuta, principalmente, all'utilizzo di differenti fonti di approvvigionamento.

Le informazioni raccolte in campo hanno evidenziato che le tubazioni stradali sono costituite principalmente da ghisa, acciaio inox e materiali plastici, mentre quelle di presa da acciaio inox, acciaio zincato e plastica. Per le tubature interne e i serbatoi di stoccaggio dell'acqua sono impiegati numerosi materiali oltre all'acciaio zincato che rappresenta il maggior prodotto nazionale (Tabelle 6 e 7). Circa il 50% delle condutture di approvvigionamento sono state installate più di 20 anni fa (Tabella 6); nel 14% dei siti investigati, l'acqua viene trattata all'interno dell'abitazione soprattutto con filtri meccanici e/o a scambio ionico (Tabella 8).

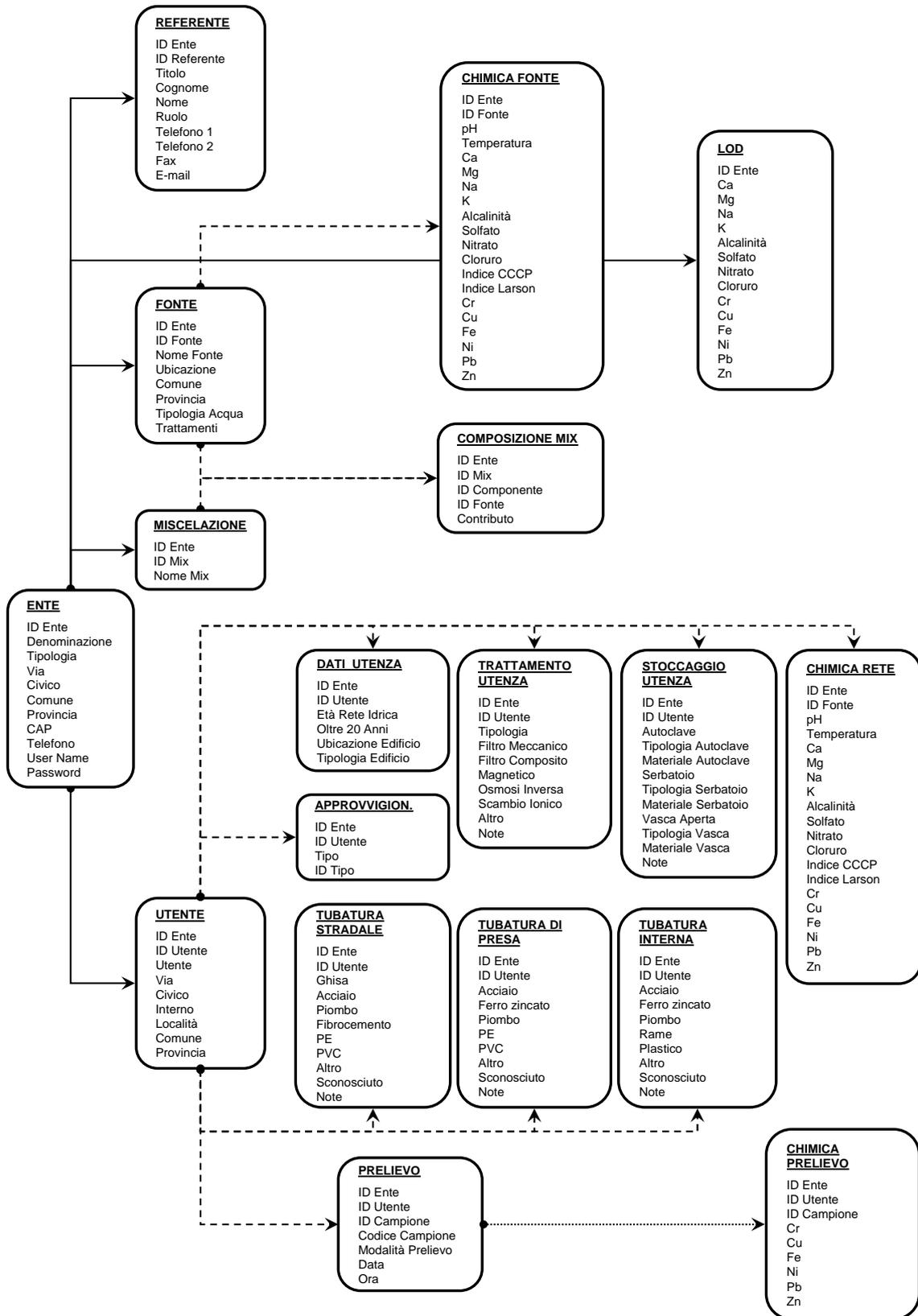


Figura 3. Struttura relazionale del database

Tabella 4. Informazioni generali sulle utenze monitorate

Informazione sulle utenze	%
Posizione	
Centro urbano	32
Periferia/area rurale	68
Tipologia	
Edificio pubblico	38
Edificio privato	38
Villetta unifamiliare	24

Tabella 5. Qualità chimica dell'acqua distribuita nel periodo ottobre 2002 – maggio 2003^a

Parametro	Minimo	Massimo	Mediana	Media	SD*
pH	5,85	8,42	7,70	7,73	0,01
Temperatura (°C)	10,0	22,0	14,0	14,1	0,2
Ca ²⁺ (mg/L)	2	129	59	60	1
Mg ²⁺ (mg/L)	< 0,5	109,0	11,6	13,9	0,4
Na ⁺ (mg/L)	< 1	136	11	15	1
K ⁺ (mg/L)	< 1	204	2	30	3
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	1	280	5	98	6
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	2	246	24	31	1
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,9	68,3	6,2	10,6	0,4
Cl ⁻ (mg/L)	0,3	67,0	11,1	18,1	0,7

^a Tipologia di acqua: 73% acque profonde e 27% acque superficiali.

*SD: Standard Deviation (deviazione standard; n = 591).

Tabella 6. Materiali usati nelle tubature (%)

Materiale	Tubature stradali	Tubature di presa	Tubature interne ^a
Ghisa	38,0	4,0	-
Acciaio	31,0	20,2	10,5
Acciaio zincato	0,2	25,0	41,7
Rame	-	0,1	14,1
Piombo	-	-	1,6
Eternit	2,6	3,3	-
Plastico	12,4	27,0	13,9
Sconosciuto	15,8	20,4	18,2

^a Età delle tubature interne agli edifici: 30% non superiore ai 20 anni, 54% superiore ai 20 anni; 16% età sconosciuta.

Tabella 7. Serbatoi di stoccaggio dell'acqua all'utenza (%)

Informazione sui serbatoi	Vasche aperte	Serbatoi chiusi
Stoccaggio		
Nessuno	72	78
Individuale	9	12
Centralizzato	19	10
Materiale		
Acciaio	11,8	14,6
Acciaio zincato	19,4	33,0
Alluminio	-	0,5
Calcestruzzo	13,3	9,1
Eternit	0,6	3,3
Vetroresina	0,9	2,2
Plastico	2,0	15,6
Smalto	0,4	-
Sconosciuto	51,6	21,7

Tabella 8. Trattamento dell'acqua all'interno delle abitazioni private

Informazione sui trattamenti	%
Trattamento dell'acqua	
Nessuno	86
Individuale	8
Centralizzato	6
Tipo di trattamento^a	
Filtro meccanico	23
Filtro composito	5
Addolcitore magnetico	6
Osmosi inversa	3
Scambio ionico	42
Polifosfati	2
Sconosciuto	16
Altro	3

^a Percentuali calcolate rispetto alle abitazioni dove si applicano i trattamenti.

3.3. Limiti di rivelabilità

I campioni prelevati all'utenza sono stati analizzati dai partecipanti al progetto mediante: spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica (*Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry*, ETAAS), spettrometria di emissione ottica con sorgente a plasma induttivo (*Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry*, ICP-OES) o spettrometria di massa con sorgente a plasma induttivo (*Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry*, ICP-MS).

Per ciascun elemento target i limiti di rivelabilità raggiunti con queste tecniche sono risultati sempre migliori di quelli minimi richiesti dalla normativa vigente, ad eccezione di quello ottenuto per il Pb mediante ICP-OES (Tabella 9). In quest'ultimo caso campioni con concentrazioni di piombo non rivelabile sono stati riesaminati con una delle altre due tecniche descritte.

Tabella 9. LOD dei sei elementi oggetto dello studio (valori espressi in µg/L)

Elemento	Prescritto dal DL.vo 31/2001	ETAAS	ICP-OES	ICP-MS
Cr	5	0,2	0,3	0,003
Cu	0,2	0,4	0,3	0,003
Fe	20	0,4	0,2	0,004
Ni	2	0,8	0,5	0,004
Pb	1	0,4	2	0,001
Zn	-	0,06	0,1	0,002

3.4. Risultati dell'attività di monitoraggio

I metodi dell'analisi statistica descrittiva sono stati applicati all'intero set di dati contenente le concentrazioni degli elementi target (Cr, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn) nei campioni prelevati con la modalità RDT (Tabella 10).

Tabella 10. Analisi statistica descrittiva degli elementi target determinati in 3568 campioni raccolti al rubinetto con la procedura RDT^a

Grandezze statistiche	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Minimo	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	< 5
Massimo	36	1250	6670	845	128	5000
25° percentile	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	26
75° percentile	< 1	31	37	< 1	< 1	236
Mediana	< 1	12	10	< 1	< 1	82
Media aritmetica	< 1	35	40	8	3	231
SD ^b	2	79	138	31	4	444
Curtosi	139	56	1510	284	447	32
Asimmetria	11	6	33	14	18	5

^a Valori in µg/L; ^b *Standard Deviation* (deviazione standard)

Nelle Figure 4-9 sono riportati i corrispondenti diagrammi *box and whiskers*, nei quali: i box sono delimitati dal 1° e dal 3° interquartile e contengono una linea interna in corrispondenza della mediana; i baffi sono linee che si estendono dagli estremi dei box per una lunghezza pari a 1,5 volte la distanza interquartile; i punti indicano gli *outlier*. La frequenza di distribuzione di ogni elemento sembra essere caratterizzata da una lunga coda dovuta alla presenza di alcuni valori molto superiori alla media (*outlier*). Ciò spiega il perché le successive elaborazioni siano state effettuate utilizzando le medie geometriche e/o i test non parametrici.

La concentrazione di cromo è risultata in genere al di sotto della soglia di rivelabilità del metodo, con valori massimi sempre inferiori al limite di legge di 50 µg/L. Valori superiori al LOD sono probabilmente dovuti al rilascio del metallo dal rubinetto e/o da parti metalliche contenute nei flessibili (41).

Il livello di rame misurato al rubinetto rientra nell'intervallo interquartile 0-31 µg/L. Queste piccole quantità vengono rilasciate dai tubi in acciaio zincato, dai rubinetti e dalle parti metalliche dei flessibili (41). Concentrazioni più elevate dell'elemento (fino a 1,25 mg/L) sono dovute alla presenza di tubazioni di rame; la cui solubilità è ben descritta in letteratura in relazione all'aggressività dell'acqua e alla concentrazione di ossigeno disciolto (42-43).

La concentrazione di ferro appare inferiore a 37 µg/L nel 75% dei campioni raccolti con la procedura RDT. Valori più elevati sono stati riscontrati in presenza di vecchie tubazioni in acciaio zincato con evidenti segni di corrosione. In questi casi il ferro era principalmente presente sotto forma di particolato sospeso.

Per quanto riguarda il nichel, sebbene la sua concentrazione in acqua fosse generalmente a livelli non rivelabili, sono stati misurati livelli preoccupanti (fino a 845 µg/L) in alcuni siti specifici. La principale fonte di contaminazione può essere ricercata nelle superfici cromate di rubinetti, valvole e raccordi metallici per tubi in polipropilene (41). La cessione di nichel dalle superfici cromate è stata ampiamente documentata con procedure di campionamento sequenziale (44).

La concentrazione di piombo in acqua è risultata generalmente bassa e connessa a fenomeni di cessione da tubi in acciaio zincato, rubinetti e parti metalliche dei flessibili (41). Livelli significativamente più elevati del limite di legge sono stati rilevati in edifici con condutture molto vecchie in piombo, in accordo con quanto stabilito da altri autori (43). Un'altra potenziale fonte di contaminazione è rappresentata dalle saldature in stagno, comunemente usate nel 1970 per raccordare tubi in rame.

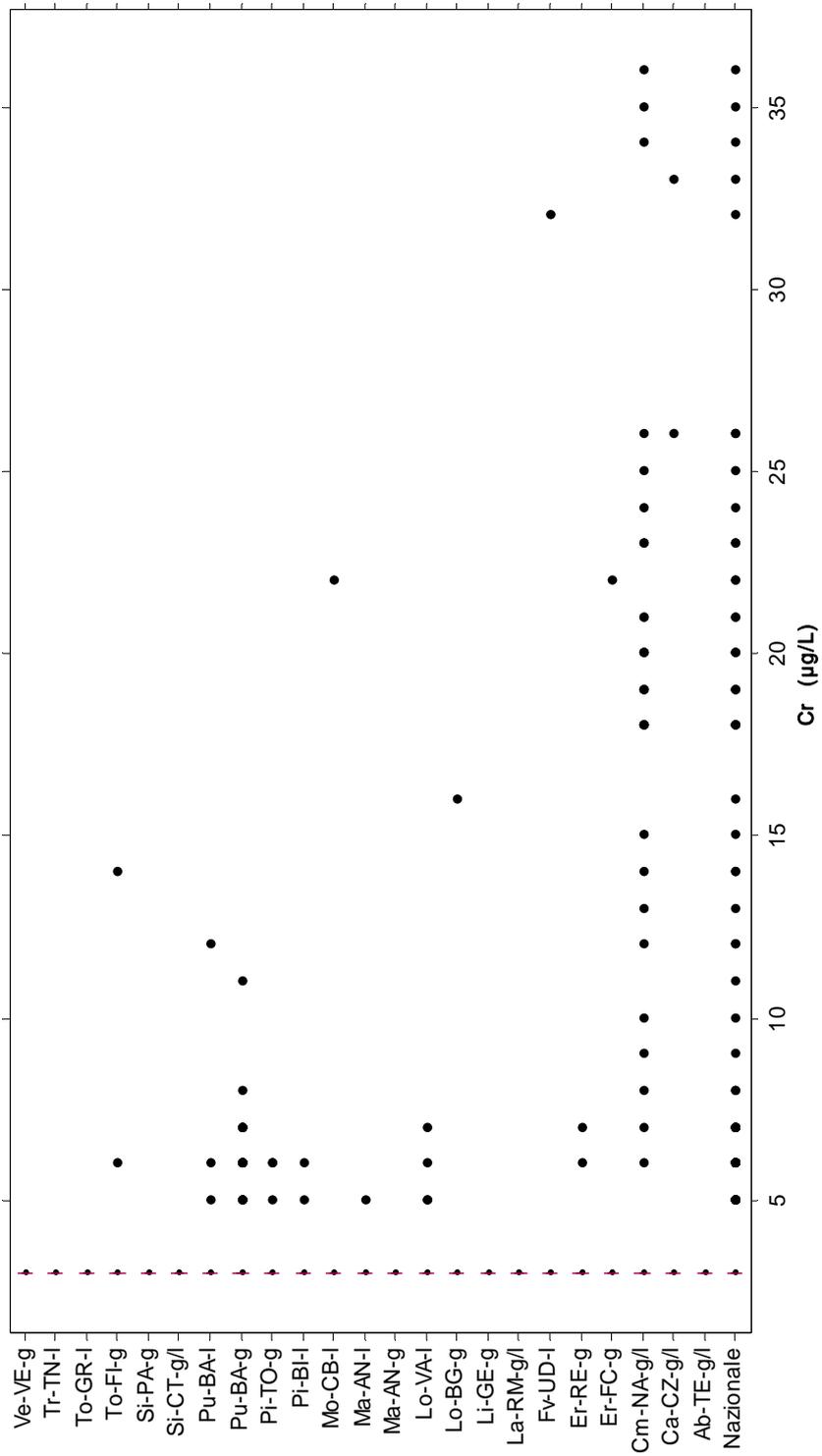


Figura 4. CROMO: diagramma *box and whiskers* per la concentrazione nei campioni prelevati con la modalità RDT

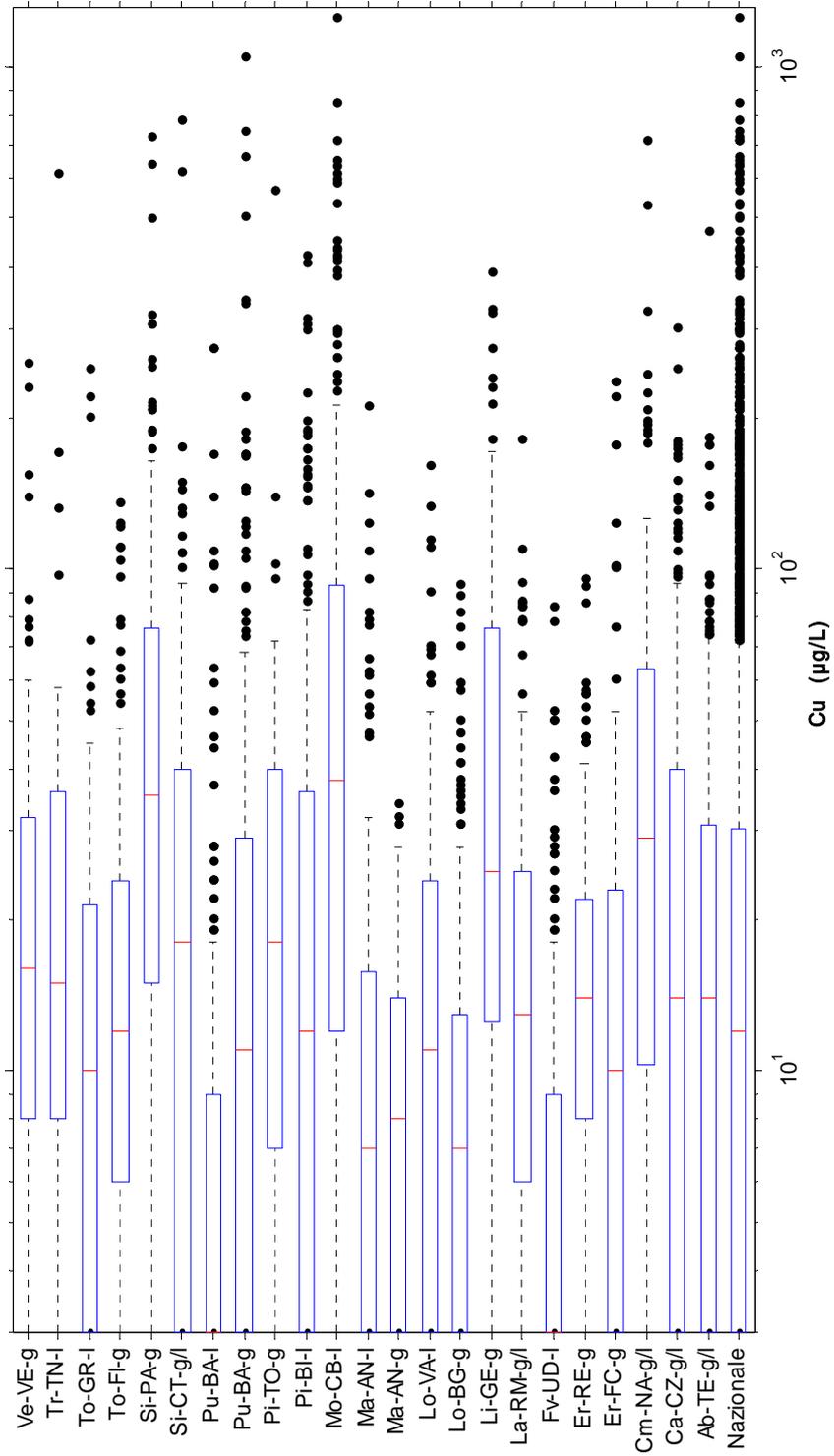


Figura 5. RAME: diagramma *box and whiskers* per la concentrazione nei campioni prelevati con la modalità RDT

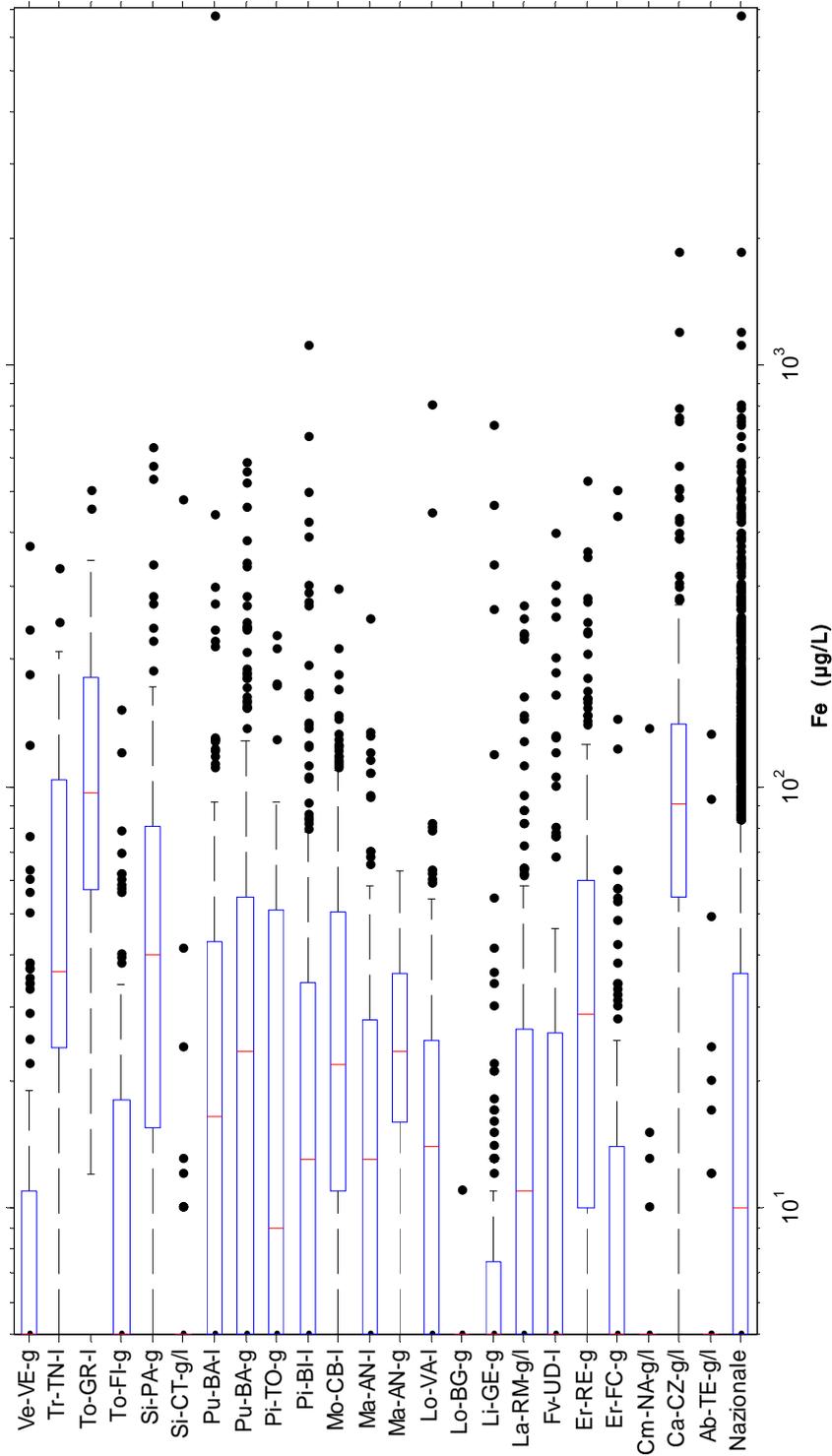


Figura 6. FERRO: diagramma *box and whiskers* per la concentrazione nei campioni prelevati con la modalità RDT

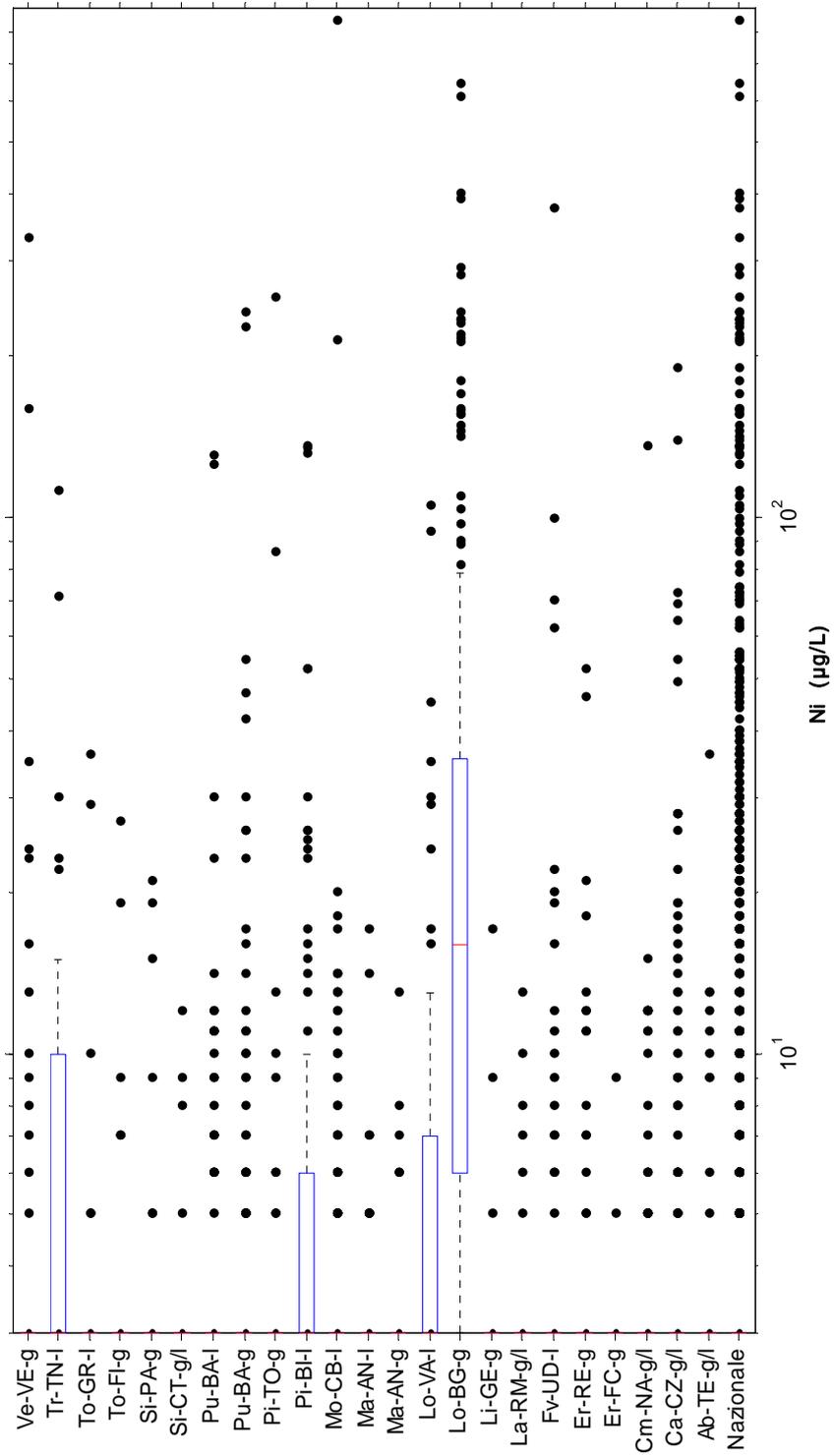


Figura 7. NICHEL: diagramma *box and whiskers* per la concentrazione nei campioni prelevati con la modalità RDT

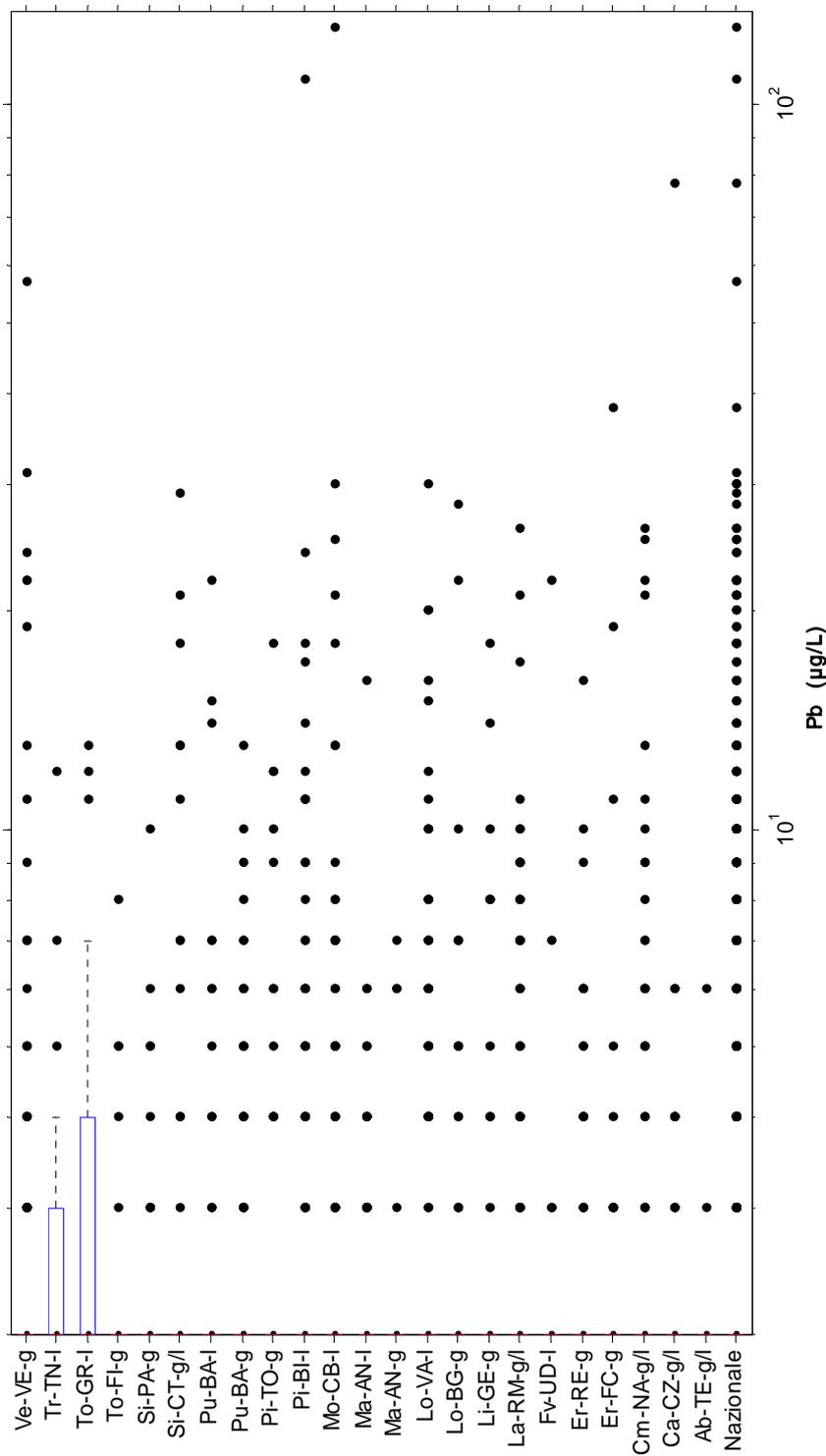


Figura 8. PIOMBO: diagramma *box and whiskers* per la concentrazione nei campioni prelevati con la modalità RDT

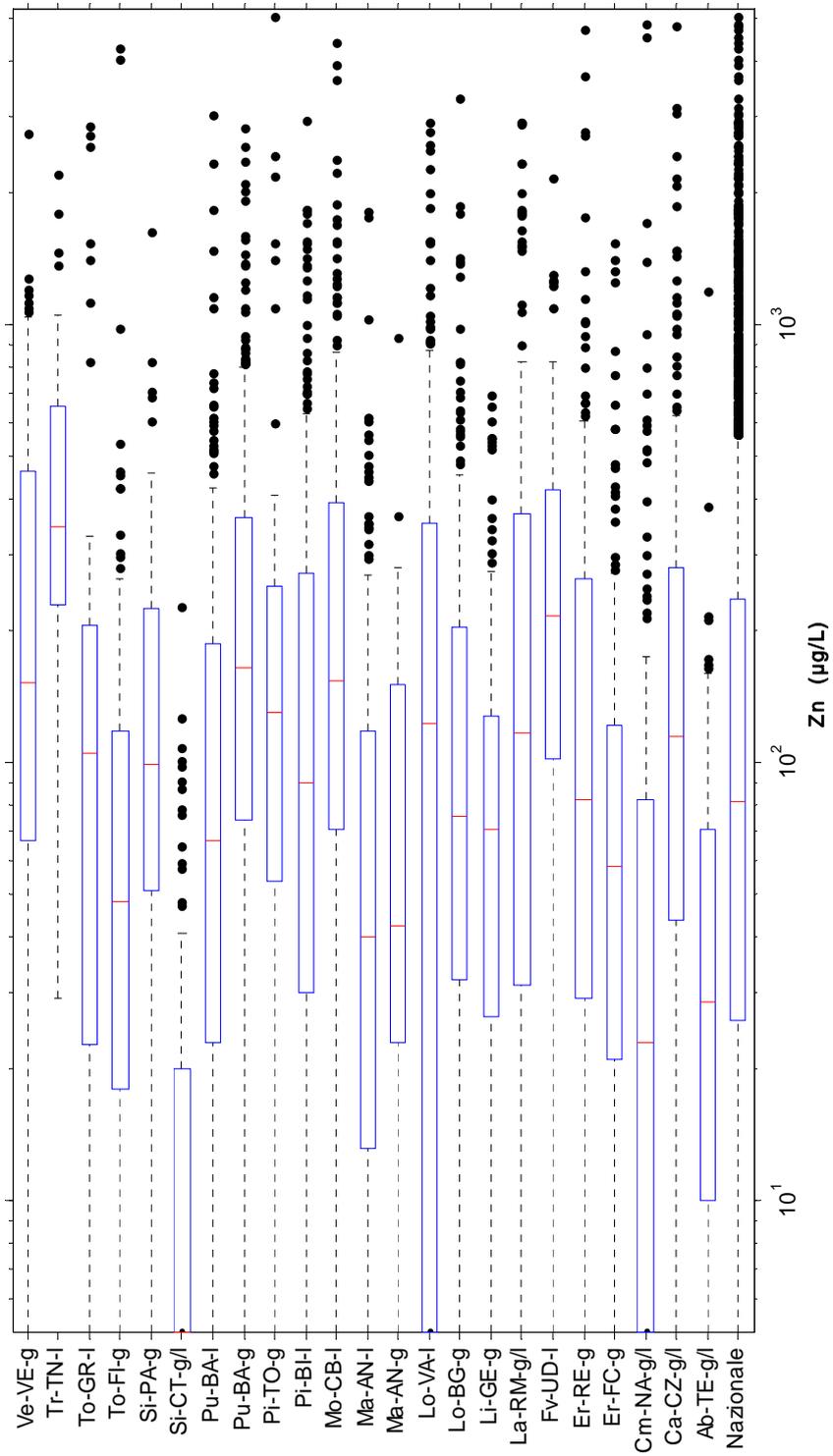


Figura 9. ZINCO: diagramma box and whiskers per la concentrazione nei campioni prelevati con la modalità RDT

Concentrazioni significative di zinco sono state rinvenute nell'acqua potabile prelevata nella maggior parte degli edifici esaminati. Il parametro "zinco" era elencato nella precedente normativa sulle acque destinate al consumo umano (45) ed è tuttora preso in esame da parte del WHO (46) che però non ne fissa un valore guida. È evidente come l'acciaio zincato risulti la principale fonte di contaminazione, a cui si affianca un minore apporto da parte di rubinetti e/o parti metalliche dei flessibili (41).

Allo scopo di ottenere un quadro più completo sulla correlazione tra la contaminazione dell'acqua potabile da metalli e le possibili cause, è stata condotta un'analisi gerarchica dei *cluster* utilizzando tutti i dati acquisiti nella presente ricerca.

Le variabili continue, quali le concentrazioni dei sei elementi target e i valori dell'indice di saturazione di Langelier (*Langelier Saturation Index*, LSI), sono stati trasformati in valori dicotomici (denominati "indici" dei parametri in esame) al fine di rendere possibile un confronto con le rimanenti variabili binarie. A questo scopo, per ogni variabile continua, è stato scelto un valore di riferimento pari alla concentrazione massima misurata all'uscita dei sistemi di captazione dell'acqua o degli impianti di potabilizzazione (6, 6, 4, 110, 6 e 150 µg/L rispettivamente per Cr, Ni, Pb, Fe, Cu e Zn). Il confronto tra i valori di riferimento e le corrispondenti variabili continue ha permesso di assegnare valori binari ai nuovi indici, ovvero "1" per valori non inferiori alla soglia di riferimento, "0" in caso contrario. La scelta dei valori di riferimento è stata effettuata in modo da consentire la valutazione dell'effetto prodotto dall'intera rete di distribuzione sull'incremento della contaminazione dell'acqua.

In Figura 10 è riportato il dendrogramma ottenuto calcolando le distanze di Jaccard tra variabili e le distanze medie tra *cluster*: i singoli materiali nell'edificio rappresentano quelli usati nelle tubature di presa, in quelle interne e nei serbatoi di stoccaggio dell'acqua; con TS si indicano le tubazioni stradali.

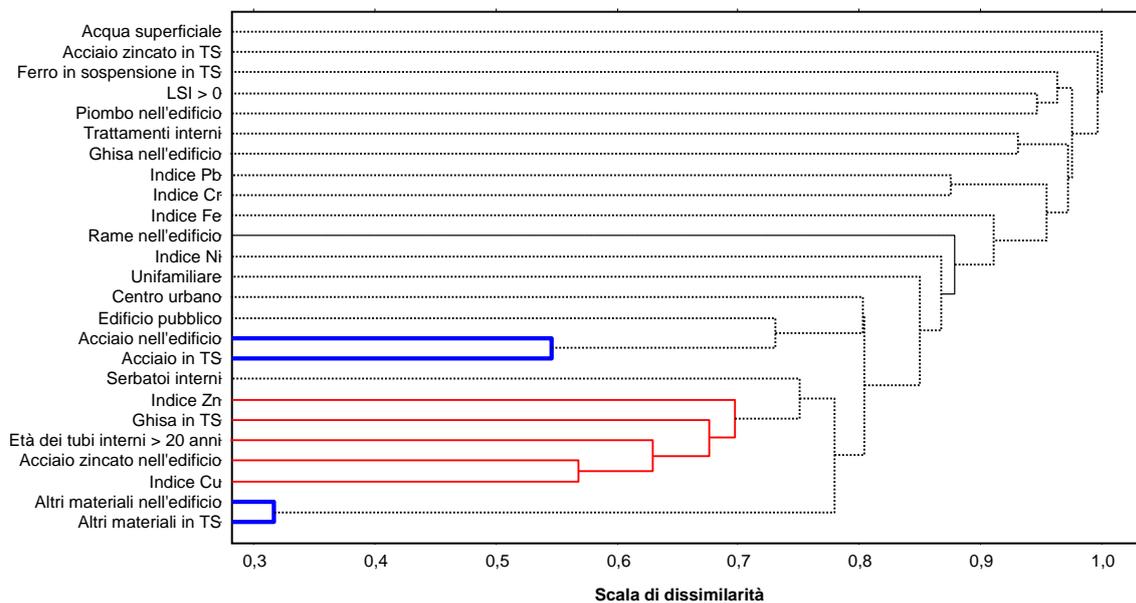


Figura 10. Dendrogramma gerarchico di *cluster* delle variabili binarie

È sorprendente notare come non sia visibile alcuna forte correlazione tra gli indici dicotomici e gli altri parametri esaminati. Questo è probabilmente dovuto alla notevole variabilità del

tempo di stagnazione dell'acqua nelle tubature interne (peculiarità della procedura RDT) che esercita un marcato effetto mascherante sulle altre condizioni di esercizio. Risulta visibile solo un debole *cluster* contenente due elementi target (Cu e Zn), due materiali da costruzione (acciaio zincato all'interno degli edifici e ghisa nelle condutture esterne) e l'età delle tubazioni interne. Comunque, mentre la correlazione tra zinco, acciaio zincato ed età delle condutture è del tutto prevedibile, le correlazioni con gli altri parametri non sembrano avere alcun significato e possono essere una conseguenza delle suddette aberrazioni prodotte dalla procedura di campionamento RDT.

La Tabella 11 mostra, per le tre diverse modalità di campionamento esaminate, la percentuale di dati che supera i limiti stabiliti dal DL.vo 31/2001 e, limitatamente allo zinco, dal DPR 236/1988. Gli elementi ferro, nichel e piombo sono stati ritrovati in concentrazione superiore al limite di legge nel 2-6% dei casi esaminati. Per quanto riguarda rame e zinco le percentuali di superamento sono state piuttosto basse (rispettivamente $\leq 0,1$ e $\leq 0,4\%$), mentre per il cromo non è stata riscontrata alcuna evidenza di possibili non conformità.

Tabella 11. Valori di parametro superiori ai limiti di legge

Procedura di campionamento	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Superamento dei limiti di legge (%)						
RDT	0,0	0,1	3,4	4,5	2,0	0,4
30M	0,0	0,1	1,8	2,5	2,1	0,2
240M	0,0	0,0	2,8	5,8	4,0	0,1
Limiti di legge ($\mu\text{g/L}$)						
	50 ^a	1000 ^{ab}	200 ^a	20 ^a	10 ^{ac}	3000 ^d

^a in accordo al DL.vo 31/2001;

^b il corrispondente limite europeo è 2000 $\mu\text{g/L}$;

^c in vigore dal 25/12/2013;

^d in accordo al DPR 236/1988.

3.5. Effetto della modalità di campionamento sulla concentrazione degli elementi all'utenza

I dati ottenuti applicando la procedura RDT sono stati confrontati con i corrispondenti valori acquisiti dai campioni raccolti applicando le procedure 30MS o 240MS. Per ogni elemento target e per ogni utenza sono stati calcolati i rapporti tra le concentrazioni derivanti da due delle tre differenti procedure di campionamento. I valori così ottenuti sono stati mediati geometricamente (Tabella 12).

Per i rapporti RDT/30MS e 240MS/30MS, le rispettive medie geometriche risultano significativamente superiori ad 1,0 (rispettivamente 1,1-1,4 e 1,0-1,6). Viceversa i rapporti medi 240MS/RDT risultano compresi tra 0,9 e 1,2. Ciò significa che le due modalità di campionamento RDT e 240MS forniscono, in media, risultati dello stesso ordine di grandezza, mentre la modalità 30MS tende a sottostimare i valori raggiunti con la procedura 240MS. In generale è possibile concludere che i dati ottenibili con il campionamento RDT consentono il raggiungimento di una buona stima dell'*intake* settimanale medio senza dover ricorrere alla più onerosa procedura basata su 4 ore di stagnazione.

Tabella 12. Confronto tra medie geometriche dei rapporti tra i dati ottenuti con due differenti modalità di campionamento

Parametro	RDT / 30MS	240MS / 30MS	240MS / RDT
Cr	1,12	0,97	0,94
Cu	1,44	1,52	1,12
Fe	1,42	1,26	0,86
Ni	1,39	1,41	1,16
Pb	1,06	1,25	1,22
Zn	1,37	1,61	1,22
Min	1,06	0,97	0,86
Max	1,44	1,61	1,22

È necessario tuttavia sottolineare che i dati basati sul prelievo RDT risultano inevitabilmente affetti da una significativa variabilità (Tabella 13) a causa delle fluttuazioni riscontrabili nell'effettivo tempo di stagnazione.

Tabella 13. Valori ottenuti con la modalità RDT che differiscono più del 50% dai corrispondenti valori ottenuti con la modalità 240MS

Parametro	%
Cr	6
Cu	33
Fe	21
Ni	33
Pb	27
Zn	27
Media	25
Errore standard	4

CONCLUSIONI

In questo studio è stata valutata l'entità delle alterazioni chimiche apportate dai materiali attualmente utilizzati in acquedottistica alla qualità delle acque destinate al consumo umano distribuite in Italia. È stata organizzata un'indagine particolarmente estesa e capillare sulle caratteristiche chimiche e chimico-fisiche dell'acqua prelevata all'utenza da un numero rappresentativo, sia per potenzialità che per distribuzione geografica, di Gestori di acquedotto e di Laboratori pubblici di controllo (ARPA, ASL, Università).

Nel corso dello studio sono stati effettuati più di 6.000 prelievi presso più di 3.800 utenze distribuite tra pubbliche e private. I campioni di acqua sono stati analizzati per valutare la concentrazione di ferro, cromo, nichel, piombo, rame e zinco. Per ogni sito esaminato, sono state acquisite informazioni sulle strutture, sulle caratteristiche degli impianti di adduzione esterni e interni e sulla qualità dell'acqua all'esterno degli edifici. Sono stati, inoltre, esaminati gli effetti prodotti dalle operazioni di campionamento applicando tre differenti modalità di prelievo: RDT, 30MS e 240MS.

Al fine di garantire l'armonizzazione dei dati prodotti nell'ambito del progetto, di consentire analisi aggregate e di assicurare un'agevole leggibilità dei dati è stato elaborato e realizzato un database operante in ambiente informatico di diffusione generale. Tale approccio ha consentito la costituzione presso l'ISS della prima banca dati nazionale sulla cessione di metalli in reti di adduzione e distribuzione di acque destinate al consumo umano.

I dati sono stati sottoposti ad una serie di elaborazioni statistiche basate su procedimenti di analisi descrittiva e su test non parametrici. Particolare interesse sanitario riveste il nichel, per il quale sono state riscontrate in alcuni casi (4,5% dei campioni prelevati con modalità RDT) concentrazioni superiori ai limiti di legge. Alcune informazioni raccolte nel corso del progetto indicano che la cessione di questo metallo è ascrivibile allo stato dell'impianto e, più in particolare, alle condizioni della nichelatura interna dell'accessoristica. La presenza di ferro in soluzione, a concentrazioni significative dal punto di vista sanitario, è stata rilevata nel 3,4% dei campioni prelevati con modalità RDT a seguito di problemi di manutenzione della rete idrica interna e dello stato di usura dello strato protettivo interno alle condotte. Nel caso del piombo, livelli superiori ai valori soglia sono spesso registrati in tubazioni zincate e sono presumibilmente riconducibili a cessioni dello stesso impianto di distribuzione, in cui il piombo è utilizzato in lega per favorire interventi di saldatura. Nei centri storici di alcune città è stata riscontrata la presenza di condutture in piombo all'interno degli edifici. Di minore importanza dal punto di vista sanitario risultano essere rame e zinco, per i quali sono stati registrati superamenti delle concentrazioni di riferimento rispettivamente nello 0,4% e nello 0,1% dei campioni prelevati in modalità RDT. Nella totalità dei campioni prelevati con modalità RDT non è stato riscontrato cromo in concentrazioni superiore al valore di parametro.

Esaminando i risultati della statistica descrittiva applicata ai rapporti tra coppie di modalità di campionamento si evince che sia i dati RDT che quelli 240MS sono quasi sempre più elevati dei corrispondenti valori 30MS, mentre le due modalità di campionamento RDT e 240MS forniscono in media risultati dello stesso ordine di grandezza. Da queste informazioni è possibile ipotizzare che al crescere del numero di prelievi effettuati in modalità RDT migliori la concordanza con i valori acquisiti operando in modalità 240MS. Sulla base di questo risultato, la valutazione del rapporto tra costi e benefici tende a far preferire la modalità di campionamento RDT a quella 240MS.

In conclusione, le indicazioni emerse nell'ambito delle attività del progetto rappresentano degli elementi conoscitivi rilevanti nell'individuazione dei punti critici delle infrastrutture di

trasporto dell'acqua che possono alterare le caratteristiche di qualità di quest'ultima. I risultati conseguiti potranno risultare di particolare interesse a livello decisionale, sia in ambito nazionale che europeo, per la definizione di strategie e di azioni di controllo dei metalli nelle acque destinate al consumo umano derivanti da possibili cessioni dei materiali utilizzati. Tali risultati potranno essere utili anche al mondo industriale in quanto forniranno informazioni utili al miglioramento dei prodotti attualmente impiegati in campo acquedottistico.

BIBLIOGRAFIA

1. Italia. DL.vo 31/2001. Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. *Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario* n. 41 del 3 marzo 2001
2. NACE International. *NACE International glossary of corrosion-related terms*. Houston, TX: National Association of Corrosion Engineers International; 2000. (Item No. 26012).
3. Snoeyink VL, Wagner I. Principles of corrosion of water distribution systems. In: *Internal corrosion of water distribution systems*. 2nd ed. Denver, CO: American Water Works Association Research Foundation and DVGW Technologiezentrum Wasser; 1996. p. 1-28.
4. Janus JA, Krajnc EI. *Integrated criteria document chromium: effects. Appendix*. Bilthoven, Netherlands: National Institute of Public Health and Environmental Protection; 1990.
5. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water. *Secondary drinking water regulations: guidance for nuisance chemicals*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency; 1992. (EPA 810/K-92-001). Disponibile all'indirizzo: <http://www.epa.gov/safewater/consumer/2ndstandards.html>; ultima consultazione 7/1009.
6. NHMRC; ARMC/ANZ (Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand). *Australian drinking water guidelines*. Canberra: Australian Government Publishing Services; 1996.
7. World Health Organization. *Nickel in drinking-water*. Geneva: WHO; 2005. (WHO/SDE/WSH/05.08/55).
8. Payne M. Lead in drinking water. *CMAJ* 2008;179(3):253.
9. American Water Works Association. *Water quality and treatment: a handbook of community water supplies*. New York: McGraw-Hill; 1990.
10. Sharrett AR, Carter AP, Orheim RM, Feinleib M. Daily intake of lead, cadmium, copper, and zinc from drinking water: The Seattle study of trace of metal exposure. *Environ Res* 1982;28:456-75.
11. Birden H, Calabrese J, Stoddard A. Lead dissolution from soldered joints. *J Am Water Works Assoc* 1985;77:66-70.
12. Boffardi BP. Lead in drinking water: causes and cures. *Public Works* 1988;119:67-70.
13. Schock M, Neff C. Trace metal contamination from brass fittings. *J Am Water Works Assoc* 1988;80:47-56.
14. Neuman WE. AWWC experience with zinc orthophosphate treatment. *J N Engl Water Works Assoc* 1995;109:57-60.
15. Edwards M, McNeill LS. Effect of phosphate inhibitors on lead release from pipes. *J Am Water Works Assoc*. 2002; 94: 79-90.
16. McNeill LS, Edwards M. Iron pipe corrosion in distribution systems. *J Am Water Works Assoc* 2001;93:88-100.
17. Schwenk W. Nickel transfer from Cr-Ni stainless steel pipework into potable water. *GWF Wasser Abwasser* 1992;133:281-6.
18. Karalekas PC, Ryan CR, Taylor FB. Control of lead, copper, and iron pipe corrosion in Boston. *J Am Water Works Assoc* 1983;75:92-5.
19. Lee RG, Becker WC, Collins DW. Lead at the tap: sources and control. *J Am Water Works Assoc* 1989;81:52-62.

20. Dodrill DM, Edwards M. Corrosion control on the basis of utility experience. *J Am Water Works Assoc* 1995;87:74-85.
21. Douglas I, Guthmann J, Muylwyk Q, Snoeyink V. Corrosion control in the City of Ottawa. Comparison of alternatives and case study for lead reduction in drinking water. In: Robertson W, Brooks T (Ed.). *11th Canadian national drinking water conference and 2nd policy forum*. April 3-6, 2004. Calgary, Alberta, Canada.
22. Schock MR. Understanding corrosion control strategies for lead. *J Am Water Works Assoc* 1989;81:88-100.
23. Schock MR. Response of lead solubility to dissolved carbonate in drinking water. *J Am Water Works Assoc* 1980;72:695-704.
24. Schock MR, Gardels MC. Plumbosolvency reduction by high pH and low carbonate–solubility relationships. *J Am Water Works Assoc* 1983;75:87-91.
25. USEPA. *Lead and copper rule guidance manual*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency; 1992. (Report No. EPA/811/B-92/002).
26. Leroy P. Lead in drinking water: origins, solubility, treatment. *J Water Supply Res Technol Aqua* 1993;42:223-38.
27. Schock MR, Wagner I, Oliphant RJ. Corrosion and solubility of lead in drinking water. In: *Internal corrosion of water distribution systems*. 2nd ed. Denver, CO: AWWA Research Foundation et DVGW Technologiezentrum Wasser; 1996. p. 131-230.
28. Taylor J, Tang Z, Xiao W, Hong S. Monitoring of distribution water qualities under various source water blending. *Environ Monit Assess* 2006;117:59-71.
29. Reiber SH. Copper plumbing surfaces: an electrochemical study. *J Am Water Works Assoc* 1989;87:114.
30. Kashinkunti RD, Metz DH, Hartman DJ, DeMarco J. How to reduce lead corrosion without increasing iron release in the distribution system. In: *Proceedings of the 1999 American Water Works Association Water Quality Technology Conference*. 1999. Tampa Bay , FL. American Water Works Association, Denver, CO.
31. Broo AE, Berghult B, Hedberg T. Drinking water distribution. Improvements of the surface complexation model for iron corrosion. *Water Sci Technol Water Supply* 2001;1:11-8.
32. Sarin P, Clement JA, Snoeyink VL, Kriven WM. Iron release from corroded, unlined cast-iron pipe. *J Am Water Works Assoc* 2003;95:85-96.
33. WHO. *Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information*. Geneva: World Health Organization; 1996.
34. Lytle DA, Schock MR.. Impact of stagnation time on the dissolution of metal from plumbing materials. In: *Proceedings of AWWA Annual Conference 1997*. p. 20-6.
35. Lytle DA, Schock MR. Impact of stagnation time on metal dissolution from plumbing materials in drinking water. *J Water Supply Res Technol Aqua* 2000;49:243-57.
36. Beckett MA, Snoeyink VL, Jim K, Sarin P, Kriven WM, Lytle D, Clement JA. A pipe loop system for evaluating iron uptake in distribution systems. In: *Proceedings of AWWA Water Quality Technology Conference*. San Diego, CA, 1998. Paper 5C-4.
37. Merkel TH, Groß HJ, Werner W, Dahlke T, Reicherter S, Beuchle G, Eberle SH. Copper corrosion by-product release in long-term stagnation experiments. *Wat Res* 2002;36:1547-55.
38. Benjamin MM, Sontheimer H, Leroy P. Corrosion of iron and steel. In: *Internal corrosion of water distribution systems*. 2nd ed. , Denver, CO: AWWA Research Foundation et DVGW Technologiezentrum Wasser; 1996. p. 46

39. Sarin P, Snoeyink VL, Bebee J, Jim K, Beckett MA, Kriven WM, Clement JA. Iron release from corroded iron pipes in drinking water distribution systems: effect of dissolved oxygen. *Wat Res* 2004;38:1259-69.
40. European Commission. *Community guidelines for monitoring lead, copper and nickel in the frame of the article 7 of Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption*. EUI-02-C60 (draft).
41. Hoekstra EJ, Pedroni V, Passarella R, Trincerini PR, Eisenreich SJ. *Elements in tap water. Part 3. Effect of sample volume and stagnation time on the concentration of the element*. Ispra: European Commission; 2004. (EUR 20672 EN/3).
42. Groenendijk M, Coppens E. The consequences of the new parametric value for copper in drinking water. *H₂O* 2002;19:92-5.
43. Slaats PGG, Blokker EJM, Versteegh JFM. Sampling metals at the tap: analyses of Dutch data over the period 2004-2006. In: Hayes C, Ersöz M, Schönerklee M, Klinger J, Borsanyi M (Ed.). *Proceedings of Cost Action 637 METEAU – Metals and related substances in drinking water*. Antalya, Turkey; 2007. p. 61-9.
44. Ruebel A, Becker A, Schwesig D, Borchers U. Quality monitoring of drinking water supply systems in Germany. Sampling procedures of tap water and analytical results. In: Hayes C, Ersöz M, Schönerklee M, Klinger J, Borsanyi M (Ed.). *Proceedings of Cost Action 637 METEAU – Metals and related substances in drinking water*. Antalya, Turkey; 2007. p. 20-5.
45. Italia. DPR 236/1988. Attuazione della direttiva 80/778/CEE concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano. *Gazzetta Ufficiale- Supplemento Ordinario* n. 152 del 30 giugno 1988.
46. WHO. *Guidelines for drinking-water quality. Vol. 1. Recommendations*. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2004.

APPENDICE A
Struttura del database

A.1. Principali caratteristiche

Le principali caratteristiche del database sono le seguenti:

- In ogni maschera del database è presente un comando generale che consente l'uscita dal programma, da utilizzare al termine di ogni sessione di apertura del database.
- Il salvataggio dei dati immessi nel database avviene in modalità automatica e pertanto non occorre dare alcun comando specifico nel corso della sessione: i dati inseriti vengono aggiornati in tempo reale.
- Alcuni campi all'interno del database devono essere obbligatoriamente compilati a cura delle Unità Operative. Il mancato inserimento di dati in tali campi viene segnalato dal programma ed impedisce l'immissione di ulteriori dati in campi collegati a quello obbligatorio. I dati da inserire nei campi non obbligatori sono anche importanti ai fini della raccolta di informazioni e pertanto se ne è raccomandata la compilazione.
- Per l'inserimento dei dati all'interno del database è necessario completare le diverse schede secondo la sequenza proposta nel programma, in quanto i dati introdotti in una scheda sono generalmente indispensabili per la compilazione della/e scheda/e successiva/e.
- Alcuni comandi di carattere generale sono presenti nella gran parte delle schede del database, ad esempio: "Inserimento precedente", "Inserimento successivo", "Nuovo inserimento", "Cancella inserimento".
- I valori dei parametri chimico-fisici e di quelli chimici possono essere inseriti rispettando il numero di cifre significative appropriatamente prestabilito per le grandezze in questione.
- Laddove non si disponga di dati in merito ad una grandezza richiesta dal programma (es. concentrazione di un metallo) il campo deve essere lasciato vuoto; qualora invece la misura sia stata effettuata e l'analita non sia stato riscontrato (valore < limite di rivelabilità) occorre digitare uno "0".

Di seguito sono riportate, invece, in dettaglio le singole caratteristiche del database.

A.2. Apertura del database

La maschera iniziale del database "Progetto di Ricerca Nazionale. Cessioni di elementi nelle acque potabili da condotte metalliche" consente l'accesso a 4 opzioni (Figura A1):

1. *Enti organizzatori*
elenco accessibile in modalità sola lettura degli enti organizzatori del progetto;
2. *Enti partecipanti*
elenco accessibile in modalità sola lettura degli enti partecipanti al progetto;
3. *Accesso al database*
per l'inserimento/modifica dei dati prodotti da ciascun Ente di ricerca nell'ambito del progetto, accessibile in modalità protetta, previa identificazione dell'utente;
4. *Esportazione dei dati da inviare*
procedura automatizzata di formattazione/salvataggio dei dati inseriti dall'Ente per la trasmissione all'ISS, da utilizzare al termine della compilazione del database.

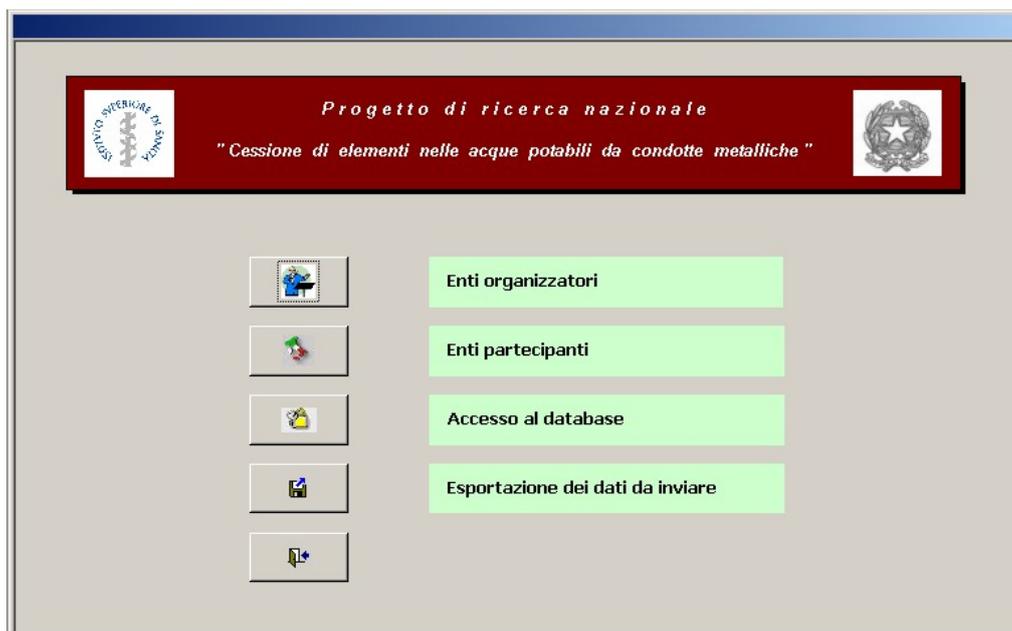


Figura A1. Maschera iniziale del database

Agendo sul pulsante “Enti organizzatori” presente nella maschera iniziale “Progetto di ricerca nazionale. Cessioni di elementi nelle acque potabili da condotte metalliche” si accede ad una serie di schermate di sola consultazione sugli enti organizzatori (Figura A2).

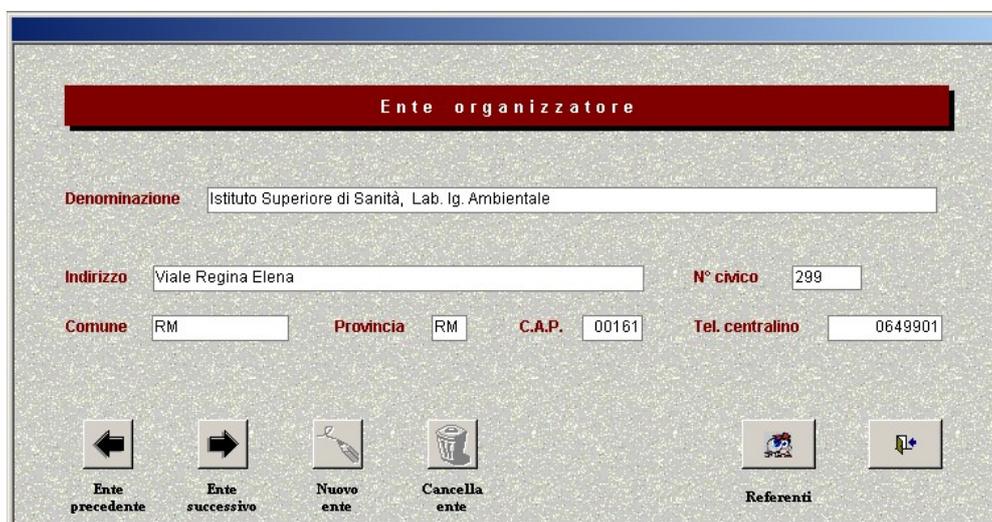


Figura A2. Maschera “Ente organizzatore”

Per ciascun ente organizzatore vengono forniti uno o più referenti nelle pagine “Elenco dei referenti dell’ente organizzatore” (Figura A3).

Figura A3. Maschera “Elenco dei referenti dell’ente organizzatore”

La maschera iniziale “Progetto di ricerca nazionale. Cessioni di elementi nelle acque potabili da condotte metalliche” dà inoltre accesso ad una serie di schermate di sola consultazione, nelle quali sono elencati gli enti partecipanti (Figura A4).

Figura A4. Maschera “Ente partecipante al progetto di ricerca”

Per ciascun ente partecipante vengono riportati uno o più referenti nelle maschere “Elenco dei referenti” (Figura A5).

The screenshot shows a window titled 'Referenti' with a dark blue header bar containing the text 'Elenco dei referenti'. Below the header is a light blue area with a cyan bar labeled 'Ente partecipante:'. The form contains several input fields: 'Dott.' (a dropdown menu), 'Cognome', 'Nome', 'Ruolo', 'Tel.', 'Tel. (altro)', 'Fax', and 'Email'. At the bottom, there are five buttons with icons: 'Referente precedente' (left arrow), 'Referente successivo' (right arrow), 'Nuovo referente' (hand icon), 'Cancella referente' (trash can icon), and a button with a refresh icon.

Figura A5. Maschera "Elenco dei referenti"

A.3. Accesso all'area protetta del database

Dalla maschera iniziale "Progetto di ricerca nazionale. Cessioni di elementi nelle acque potabili da condotte metalliche", il comando "Accesso al database" attiva la schermata omonima (Figura A6). Per accedere al database è indispensabile inserire il codice di identificazione e la password fornite dall'ISS a ciascun ente partecipante al progetto.

The screenshot shows a window titled 'Accesso al database' with a dark red header bar. The background is light gray. There are two input fields: 'Identificazione' and 'Password', both with green labels. Below the input fields are two buttons: 'Accesso' and a button with a refresh icon.

Figura A6. Schermata "Accesso al database"

A.4. Accesso ai dati

Una volta superata la fase di identificazione viene aperta la maschera "Accesso ai dati" (Figura A7) mediante la quale è possibile accedere alle 5 diverse sezioni del database:

- “Modifica delle informazioni sull’Ente partecipante”;
- “Limiti di rivelabilità”;
- “Zona di approvvigionamento”;
- “Miscelazione delle acque”;
- “Dati all’utenza”.

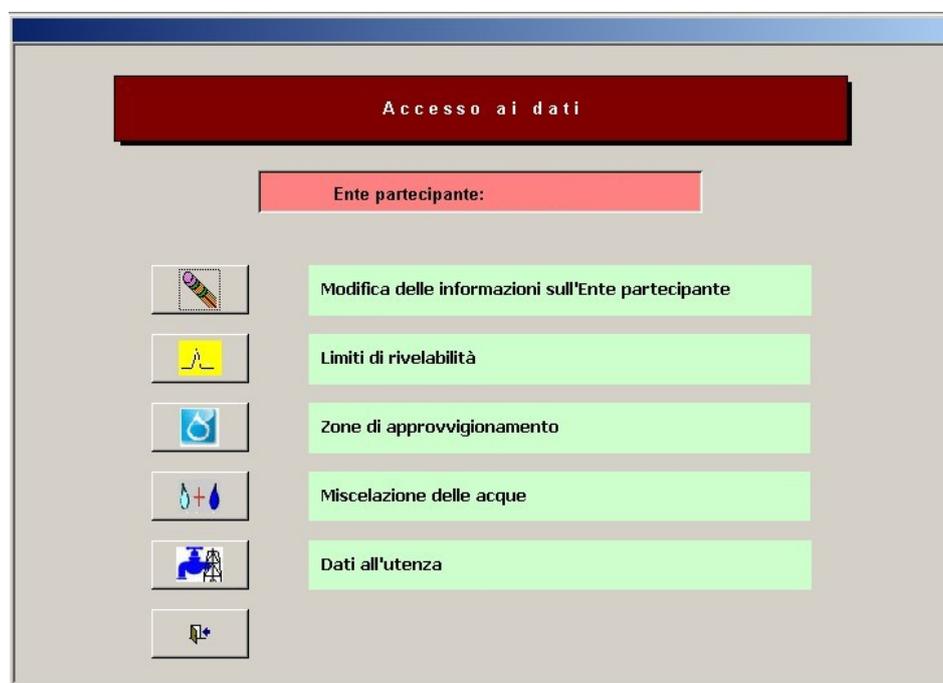


Figura A7. Maschera “Accesso ai dati”

A.5. Modifica dei dati sull’ente

Agendo sul pulsante “Modifica delle informazioni sull’Ente partecipante” nella maschera “Accesso ai dati” viene aperta la schermata “Ente partecipante al progetto di ricerca” (vedi Figura A4) in modalità lettura/scrittura in modo da consentire la modifica dei dati relativi al proprio Ente di appartenenza.

Premendo il pulsante “Referenti” della scheda “Ente partecipante al progetto di ricerca” si accede alla maschera “Elenco dei referenti” (vedi Figura A5) in modalità lettura/scrittura. Ciò consente la modifica dei dati relativi ai singoli referenti e/o l’aggiunta o la cancellazione dei referenti del proprio Ente di appartenenza.

A.6. Limiti di rivelabilità

La maschera “Limiti di rivelabilità” elenca i valori di LOD ottenuti dal singolo partecipante per anioni (Figura A8a), cationi (Figura A8b) e metalli (Figura A8c).

I LOD di anioni e metalli possono essere specificati con un massimo di 2 cifre significative; quelli dei cationi possono essere espressi con un numero di cifre significative non superiore a 3.

Limiti di rivelabilità		
Ente partecipante:		
Anioni	Cationi	Metalli
Alcalinità (meq/L)		<input type="text"/>
Cloruro (mg/L)		<input type="text"/>
Nitrato (mg/L)		<input type="text"/>
Solfato (mg/L)		<input type="text"/>

Figura A8a. Maschera "Limiti di rivelabilità", modulo "Anioni"

Limiti di rivelabilità		
Ente partecipante:		
Anioni	Cationi	Metalli
Calcio (mg/L)		<input type="text"/>
Magnesio (mg/L)		<input type="text"/>
Potassio (mg/L)		<input type="text"/>
Sodio (mg/L)		<input type="text"/>

Figura A8b. Maschera "Limiti di rivelabilità", modulo "Cationi"

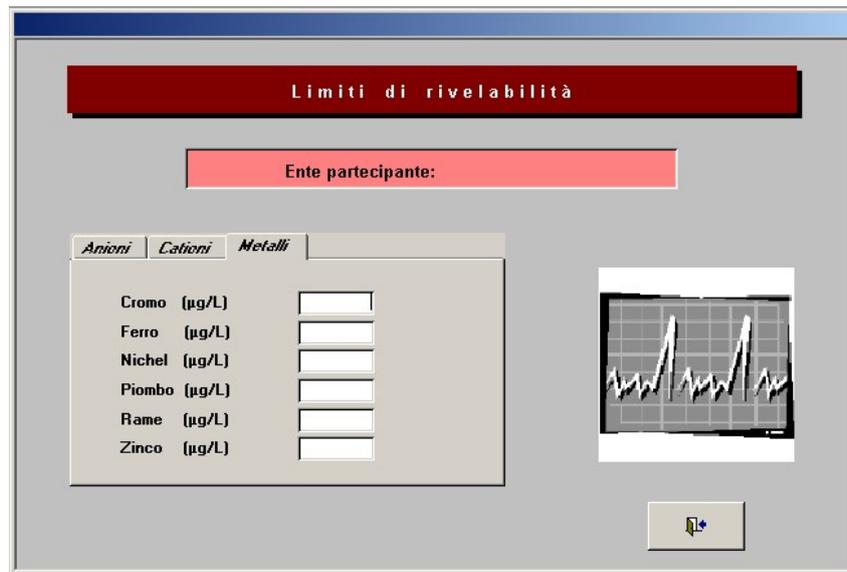


Figura A8c. Maschera “Limiti di rivelabilità”, modulo “Metalli”

A.7. Zone di approvvigionamento

Attivabile dalla scheda “Accesso ai dati” è la maschera “Zona di approvvigionamento” (Figura A9).



Figura A9. Maschera “Zona di approvvigionamento”

Quest'ultima consente l'accesso, tramite il pulsante "Analisi chimica", alla schermata "Caratterizzazione chimica della zona di approvvigionamento" suddivisa nei moduli "Parametri chimico-fisici" (Figura A10a), "Anioni" (Figura A10b), "Cationi" (Figura A10c) e "Metalli" (Figura A10d). In queste schermate è possibile inserire i dati storici acquisiti per la zona di approvvigionamento (valori approssimati fino a 2 cifre decimali per pH, indice CCCP, indice Larson anioni, cationi e metalli; fino a 1 cifra decimale per temperatura). Nel caso in cui siano presenti più zone di approvvigionamento, le informazioni di ciascuna zona vengono inserite nella relativa scheda "Zona di approvvigionamento".

**Caratterizzazione chimica della
zona di approvvigionamento**

Zona:

<i>Parametri chimico-fisici</i>	<i>Anioni</i>	<i>Cationi</i>	<i>Metalli</i>
pH	<input type="text"/>		
Temperatura (°C)	<input type="text"/>		
Indice CCCP	<input type="text"/>		
Indice Larson	<input type="text"/>		

Figura A10a. Schermata "Caratterizzazione chimica della zona di approvvigionamento", modulo "Parametri chimico-fisici"

**Caratterizzazione chimica della
zona di approvvigionamento**

Zona:

<i>Parametri chimico-fisici</i>	<i>Anioni</i>	<i>Cationi</i>	<i>Metalli</i>
Alcalinità (meq/L)	<input type="text"/>		
Cloruro (mg/L)	<input type="text"/>		
Nitrato (mg/L)	<input type="text"/>		
Solfato (mg/L)	<input type="text"/>		

Figura A10b. Schermata "Caratterizzazione chimica della zona di approvvigionamento", modulo "Anioni"

**Caratterizzazione chimica della
zona di approvvigionamento**

Zona:

<i>Parametri chimico-fisici</i>	<i>Anioni</i>	<i>Cationi</i>	<i>Metalli</i>
Calcio (mg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
Magnesio (mg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
Potassio (mg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
Sodio (mg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	



Figura A10c. Schermata “Caratterizzazione chimica della zona di approvvigionamento”, modulo “Cationi”

**Caratterizzazione chimica della
zona di approvvigionamento**

Zona:

<i>Parametri chimico-fisici</i>	<i>Anioni</i>	<i>Cationi</i>	<i>Metalli</i>
Cromo (µg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
Ferro (µg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
Nichel (µg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
Piombo (µg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
Rame (µg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
Zinco (µg/L)		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	



Figura A10d. Schermata “Caratterizzazione chimica della zona di approvvigionamento”, modulo “Metalli”

A.8. Miscelazione delle acque

La schermata “Miscelazione delle acque captate da due o più zone di approvvigionamento” (Figura A11), accessibile dalla maschera “Accesso ai dati”, contiene le informazioni relative al tipo di miscelazione e alla composizione delle acque miscelate che giungono all’utenza in esame. In particolare le informazioni riportate comprendono quanto segue:

- “Identificazione del tipo di miscelazione”: ciascun tipo di miscelazione, ottenuto a partire da acque provenienti da due o più zone di approvvigionamento, è definito con caratteri alfanumerici in modo univoco.
- “Zona di approvvigionamento”: per ciascun tipo di miscelazione è definito il contributo delle diverse zone di approvvigionamento.
- “Contributo in portata”: viene fornito il contributo in portata della zona di approvvigionamento identificata.

Figura A11. Maschera “Miscelazione delle acque captate da due o più zone di approvvigionamento”

A.9. Dati all’utenza

La schermata “Utente” (Figura A12), accessibile attraverso il comando “Dati all’utenza” nella maschera “Accesso ai dati”, riporta tutte le informazioni relative all’utenza finale, i dati relativi ai prelievi e i risultati analitici. In particolare la schermata contiene le seguenti informazioni:

- “Utente”: ciascun utente presso il quale è stato effettuato il campionamento è definito con caratteri alfanumerici in modo univoco. A tal fine può essere inserito il nome dell’Ente o il nome e/o cognome dell’utente o anche un codice identificativo di fantasia.
- Dati relativi all’utente in esame, quali: “Via”, “Civico”, “Interno”, “Località”, “Comune” e “Provincia”.

Figura A12. Maschera "Utente"

La maschera "Dati generali sull'edificio" (Figura A13), accessibile con il comando "Edificio" nella schermata "Utente", riporta le seguenti informazioni:

- "Ubicazione": mediante una scelta tra opzioni predefinite viene definita la zona di pertinenza dell'edificio (centro urbano o periferia).
- "Tipologia": mediante una scelta tra opzioni predefinite viene definita la tipologia di edificio (unifamiliare, condominio o pubblico).
- "N° di appartamenti": nel caso di utenti in condominio viene indicato il numero di appartamenti dell'edificio.
- "Età della rete interna": viene inserita, se nota, l'età della rete idrica interna.

Figura A13. Maschera "Dati generali sull'edificio"

La schermata “Impianto idrico interno” (Figura A14), accessibile a partire dalla maschera “Utente”, attraverso il pulsante “Impianto interno” definisce, unitamente alle schede ad essa correlate, le caratteristiche dell’impianto idrico interno all’utenza, gli eventuali trattamenti eseguiti, le informazioni sui prelievi e i risultati analitici sui campioni prelevati.

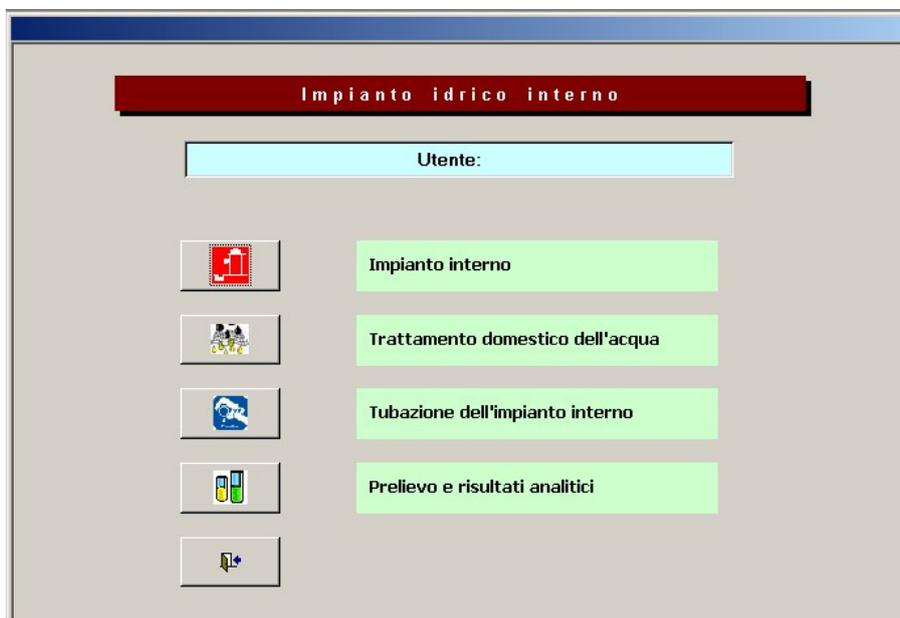


Figura A14. Maschera “Impianto idrico interno”

In particolare, la schermata “Dati sull’impianto interno” (Figura A15) riporta le seguenti informazioni:

- “Serbatoio”: viene indicata la presenza o meno di un serbatoio nell’impianto interno.
- “Vasca aperta”: viene indicata la presenza o meno di vasca aperta nell’impianto interno.
- “Autoclave”: viene indicata la presenza o meno di autoclave nell’impianto interno.

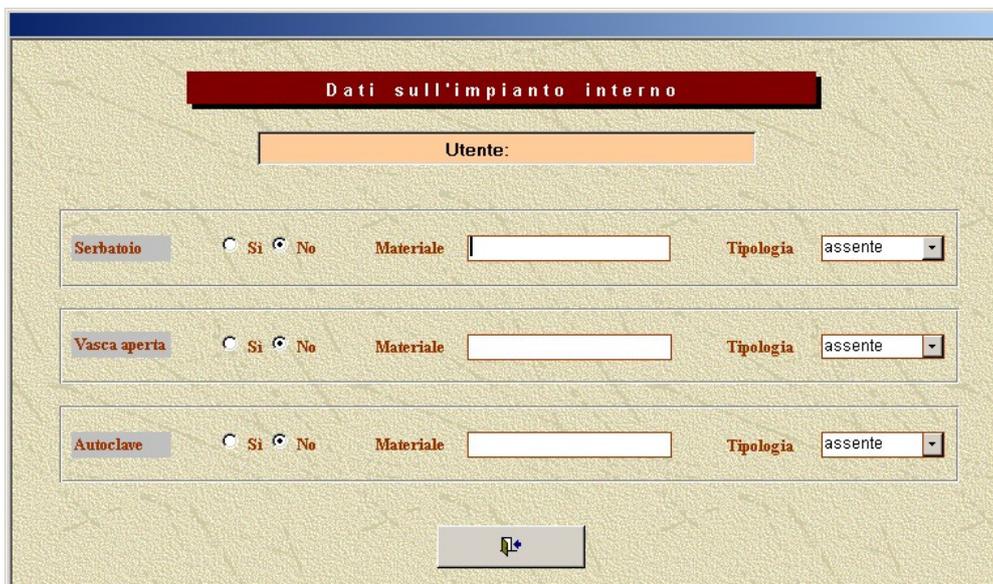


Figura A15. Maschera “Dati sull’impianto interno”

Nel caso in cui sia presente almeno uno dei tre elementi, viene specificato il materiale e indicata la tipologia utilizzando il menù a tendina che contiene le voci “Singolo” o “Centralizzato”.

La schermata “Trattamento domestico dell’acqua” (Figura A16), accessibile attraverso il pulsante omonimo nella maschera “Impianto idrico interno” riporta i seguenti dati:

- “Trattamento domestico”: viene indicata la presenza o meno di trattamenti domestici e la tipologia del trattamento utilizzando il menù a tendina e selezionando tra le diverse voci “Assente”, “Singolo” o “Centralizzato”.
- “Anticalcare magnetico”: viene specificata la presenza o meno di tale elemento nell’impianto interno dell’utente.
- “Filtri composti”: viene specificata la presenza o meno di tali elementi nell’impianto interno dell’utente.
- “Filtri meccanici”: viene specificata la presenza o meno di tali elementi nell’impianto interno dell’utente.
- “Osmosi inversa”: viene specificata la presenza o meno di tale elemento nell’impianto interno dell’utente.
- “Scambio ionico”: viene specificata la presenza o meno di tale elemento nell’impianto interno dell’utente.

Figura A16. Maschera “Trattamento domestico dell’acqua”

La maschera “Tubazione dell’impianto interno” (Figura A17), accessibile attivando il pulsante omonimo nella schermata “Impianto idrico interno”, riporta in dettaglio i materiali utilizzati per la realizzazione della tubazione interna dell’edificio.

La maschera “Informazioni sul prelievo” (Figura A18), accessibile mediante il pulsante “Prelievo e risultati analitici” nella scheda “Impianto idrico interno”, fornisce i seguenti dati:

- “Codice del campione”: al fine di garantire una piena rintracciabilità viene inserito un codice univoco per ciascun campione (es. il codice del verbale prelevamento).
- “Modalità di prelievo”: viene indicata la modalità di prelievo del campioni scelta tra RDT (prelievo casuale senza scorrimento), 30MS (prelievo in seguito a 30 min di stagnazione preceduti da 5 min di scorrimento) o 240MS (prelievo in seguito a 240 min di stagnazione preceduti da 5 min di scorrimento).
- “Data di prelievo”: contiene la data del prelievo del campione.
- “Ora di prelievo”: contiene l’ora del prelievo del campione.

Tubazione dell'impianto interno

Utente: _____

Acciaio	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No
Rame	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No
Piombo	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No
Zincato	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No
PE	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No
PVC	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No
Altro materiale	_____	
Sconosciuto	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No

Osservazioni _____

Figura A17. Maschera "Tubazione dell'impianto interno"

Informazioni sul prelievo

Utente: _____

Codice del campione _____

Modalità di prelievo _____

Data di prelievo _____ (gg/mm/aa)

Ora di prelievo _____ (hh:mm)

Risultati analitici _____

- Record precedente
- Record successivo
- Nuovo record
- Cancella record

Figura A18. Maschera "Informazioni sul prelievo"

La maschera "Risultati dell'analisi chimica del campione" (Figura A19), accessibile attraverso il pulsante "Risultati analitici" nella schermata "Informazioni sul prelievo", riporta le concentrazioni in $\mu\text{g/L}$ di cromo, ferro, nichel, piombo, rame e zinco (elementi target) nel campione.

**Risultati dell'analisi chimica
del campione**

[Input Field]

Metalli

Cromo (µg/L)	[Input]
Ferro (µg/L)	[Input]
Nichel (µg/L)	[Input]
Piombo (µg/L)	[Input]
Rame (µg/L)	[Input]
Zinco (µg/L)	[Input]

[Illustration of a scientist]

[Icon]

Figura A19. “Risultati dell’analisi chimica del campione”

La maschera “Impianto idrico esterno” (Figura A20) e quelle ad essa correlate definiscono le caratteristiche dell’impianto idrico esterno relativamente all’approvvigionamento, alle tubazioni di presa e della rete stradale e ai dati storici disponibili sulla qualità delle acque nella rete esterna.

Impianto idrico esterno

Utente: [Input Field]

[Icon]	Approvvigionamento
[Icon]	Tubazione di presa
[Icon]	Tubazione della rete stradale
[Icon]	Qualità dell'acqua nella rete esterna

[Icon]

Figura A20. Maschera “Impianto idrico esterno”

La maschera “Approvvigionamento di acqua all’utenza” (Figura A21), accessibile attraverso il pulsante omonimo nella schermata “Impianto idrico esterno”, riporta le seguenti informazioni:

- “Tipologia”: viene indicato se l’approvvigionamento è ottenuto da una fonte di approvvigionamento o da un punto di miscelazione di acque.
- “Denominazione”: viene indicata la denominazione dell’approvvigionamento.

The screenshot shows a software interface with a title bar 'Approvvigionamento di acqua all'utenza'. Below the title bar is an orange input field labeled 'Utente:'. A yellow rectangular area contains two rows of controls: 'Tipologia:' with two radio buttons labeled 'Fonte di approvvigionamento' and 'Miscelazione di acque', and 'Denominazione:' with a white dropdown menu. At the bottom center of the yellow area is a small icon button with a blue arrow pointing right.

Figura A21. Maschera "Approvvigionamento di acqua all'utenza"

La maschera "Tubazione di presa" (Figura A22), accessibile attraverso il pulsante omonimo nella schermata "Impianto idrico esterno", riporta in dettaglio i materiali utilizzati per la tubazione interna dell'edificio.

The screenshot shows a software interface with a title bar 'Tubazione di presa'. Below the title bar is an orange input field labeled 'Utente:'. The main area contains several rows of material selection controls: 'Acciaio', 'Piombo', 'Zincato', 'PE', and 'PVC', each with a grey input field and two radio buttons labeled 'Si' and 'No'. Below these is a row for 'Altro materiale' with a white input field. The final row is 'Sconosciuto' with a grey input field and two radio buttons labeled 'Si' and 'No'. At the bottom is a row for 'Osservazioni' with a white input field. A small icon button with a blue arrow pointing right is located to the right of the material selection rows.

Figura A22. Maschera "Tubazione di presa"

La maschera "Tubazione della rete stradale" (Figura A23), accessibile attraverso il pulsante omonimo nella schermata "Impianto idrico esterno", riporta in dettaglio i materiali utilizzati per la tubazione della rete stradale per l'utente in esame.

Tubazione della rete stradale

Utente:

Acciaio	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
Ghisa	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
Piombo	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
Fibrocemento	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
PE	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
PVC	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
Altro materiale	<input type="text"/>	
Sconosciute	<input checked="" type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No

Osservazioni

Figura A23. Maschera "Tubazione della rete stradale"

La maschera "Caratterizzazione chimica dell'acqua nella rete di distribuzione esterna" (Figura A24), accessibile attraverso il pulsante "Qualità dell'acqua nella rete esterna" nella schermata "Impianto idrico esterno", riporta in dettaglio i dati storici, ottenuti in un periodo prossimo al tempo di campionamento del progetto, relativi ai parametri chimico-fisici dell'acqua nella rete di distribuzione esterna all'utenza in esame. La schermata è suddivisa in moduli simili a quelli descritti in precedenza per la caratterizzazione chimica della zona di approvvigionamento.

**Caratterizzazione chimica dell'acqua
nella rete di distribuzione esterna**

Parametri chimico-fisici Anioni Cationi Metalli

pH	<input type="text"/>
Temperatura (°C)	<input type="text"/>
Indice CCCP	<input type="text"/>
Indice Larson	<input type="text"/>

Figura A24. Maschera "Caratterizzazione chimica dell'acqua nella rete di distribuzione esterna", modulo "Parametri chimico-fisici"

A.10. Distribuzione del database

Il database strutturato dall'ISS di concerto con i partecipanti al progetto è stato distribuito in formato elettronico, unitamente ad un documento elettronico contenente la procedura di archiviazione, trasmissione ed elaborazione dei dati. L'intero pacchetto è stato convertito in un file compresso di semplice utilizzo, in modo da agevolare l'immissione e l'aggiornamento dei dati da parte delle diverse Unità Operative. Per la trasmissione dei dati da parte di queste ultime all'ISS è stata predisposta, nell'ambito dello stesso pacchetto informatico, una procedura di compressione, esportazione e trasferimento dati via posta elettronica. Utilizzando tale procedura standardizzata è stata costituita presso l'ISS la banca dati descritta in precedenza.

*La riproduzione parziale o totale dei Rapporti e Congressi ISTISAN
deve essere preventivamente autorizzata.
Le richieste possono essere inviate a: pubblicazioni@iss.it.*

*Stampato da Tipografia Facciotti srl
Vicolo Pian Due Torri 74, 00146 Roma*

Roma, ottobre-dicembre 2009 (n. 4) 8° Suppl.