

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Prato

**Seminario tecnico:
L'innalzamento della falda a Prato**

**L'INNALZAMENTO DELLA FALDA A PRATO:
LINEE GENERALI
DI INQUADRAMENTO DEL FENOMENO**

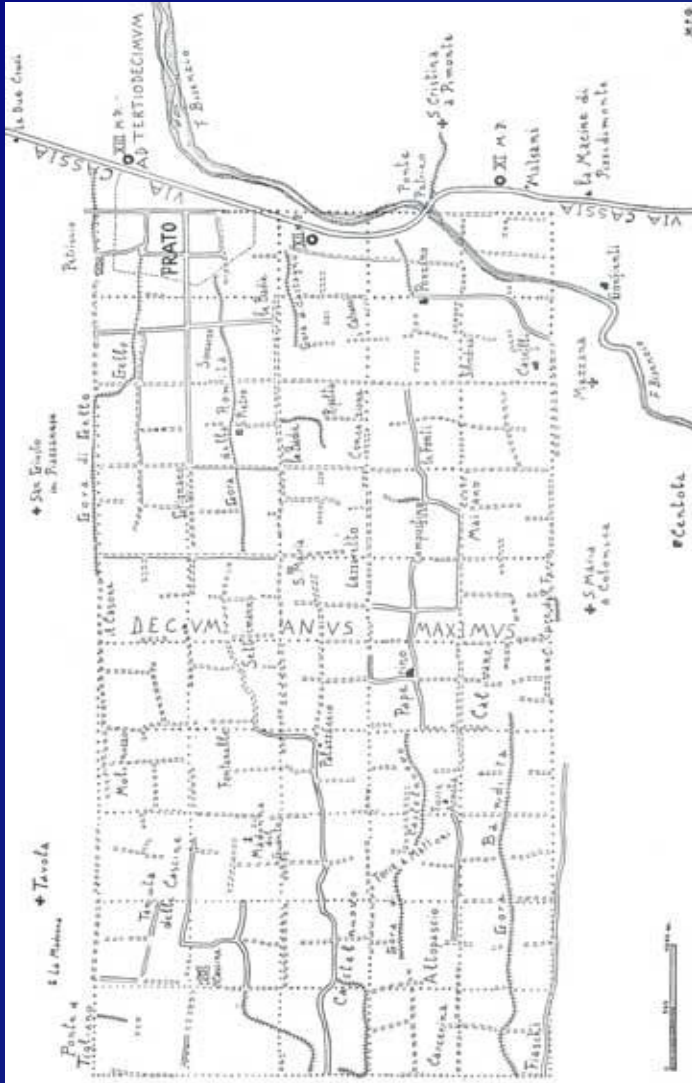
A cura di:
Dott. Ing. Fabio Caregnato

Prato , Palazzo delle Professioni
Martedì, 16 Dicembre 2014

UN PO' DI STORIA...

LA CONDIZIONE ORIGINALE DEL TERRITORIO PRATESE

- ✓ definito dalla valle dove scorre il fiume Bisenzio e dalla pianura dove scorre il fiume stesso e il torrente Ombrone:
- ✓ in epoca romana (1° secolo d.C.) il territorio pratese venne suddiviso secondo il criterio della centuriazione
- ✓ il cardo viene impostato in funzione delle linee di pendenza naturale del terreno, orientamento di 30° da N-NE a S-SO
- ✓ vengono realizzati i primi canali di bonifica



UN PO' DI STORIA...

IL CAVALCIOTTO E IL SISTEMA DELLE GORE



Ancora prima dell'anno Mille, la piana pratese è in gran parte invasa dalle acque.

A quel periodo risalgono i toponimi derivati dalle condizioni del suolo: le Pantanelle, il Pantano, Stagnana, Le Fonti, Le Lame, ecc.

Le acque piovane non riescono ad essere smaltite dal torrente Ombrone e dai suoi affluenti, in particolare dal torrente Calice-Agna e dal torrente Bagnolo-Bardena.

I primi interventi di bonifica, realizzati dal secolo XI, rispettano quindi le direttrici della centuriazione romana: il sistema dei fossi a occidente (Ficarello, Calicino, Iolo, Filimortula) e il sistema delle gore, a partire dal Bisenzio e dalla diga del Cavalciotto all'interno della città murata e nella campagna fino al torrente Ombrone

UN PO' DI STORIA...

IL CAVALCIOTTO E IL SISTEMA DELLE GORE

Dalla fine del X secolo sino al 1400 viene quindi realizzato il sistema delle gore, vasta rete di canali artificiali lunga oltre 50 km, che raccolgono e trasferiscono le acque del fiume Bisenzio da S. Lucia in tutta la pianura pratese

Questo sistema originale, ha assolto, nel corso dei secoli i seguenti servizi:

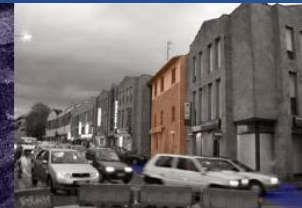
- 1) Bonifica e raccolta acque piovane
- 2) Protezione e difesa da aggressioni esterne
- 3) Forza motrice per mulini e impianti per la lavorazione dei tessuti
- 4) Irrigazione di campi coltivati



SOLO POCHI ANNI FA...

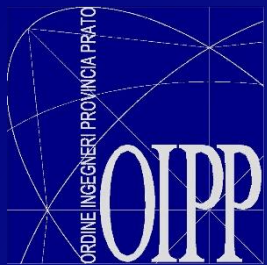
IL CAVALCIOTTO E IL SISTEMA DELLE GORE

Una volta cessata la funzione motrice delle gore, il sistema si è trasformato progressivamente in rete fognaria a cielo aperto. Nel 1973, il Comune di Prato, attraverso il Piano Regolatore delle Acque interviene in modo drastico ed avvia la copertura ed impermeabilizzazione di tutti i canali che fanno tuttora parte della rete fognaria a servizio della città



Mulino della Propositura





SOLO POCHI ANNI FA...

LA CRISI IDRICA DEGLI ANNI '80-'90

La grande ricchezza d'acqua che caratterizza il territorio pratese viene però messa in crisi dal sovra sfruttamento della risorsa avvenuto negli ultimi 40 anni, tanto da richiedere l'attuazione di una serie di contromisure normative ed infrastrutturali particolarmente impegnative tra le quali:

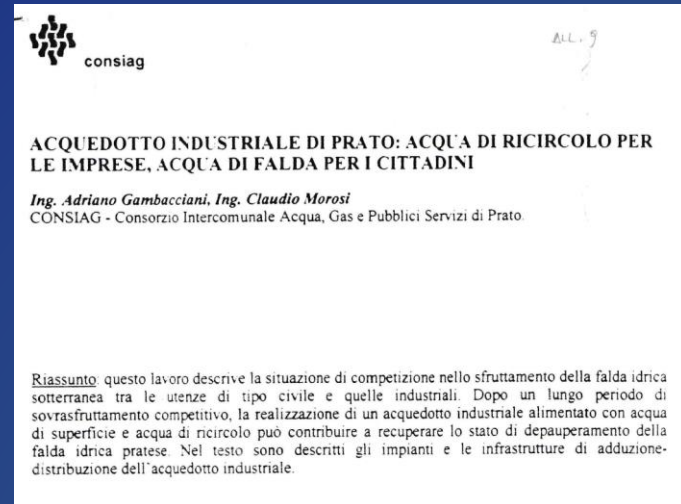
- ✓ Regolazione e sostanziale riduzione delle concessioni alla perforazione e all'uso dell'acqua di falda
- ✓ Realizzazione di opere per il ravvenamento della falda (briglie sui corsi d'acqua)
- ✓ Realizzazione di opere di area vasta che convogliano in città risorsa idrica proveniente da altre zone della Toscana (Autostrada delle Acque, Invaso di Bilancino, Tubino della Val di Bisenzio, ecc.)
- ✓ Realizzazione di una grande opera di recupero delle acque reflue depurate (impianti di post-trattamento e rete di distribuzione acque riciclate - Acquedotto Industriale)

SOLO POCHI ANNI FA...

LA CRISI IDRICA DEGLI ANNI '80-'90



Giornata di studio organizzata dall'azienda Consiag sulle falde idriche in aree industrializzate italiane – 8 Giugno 1984, relatore prof. Masotti



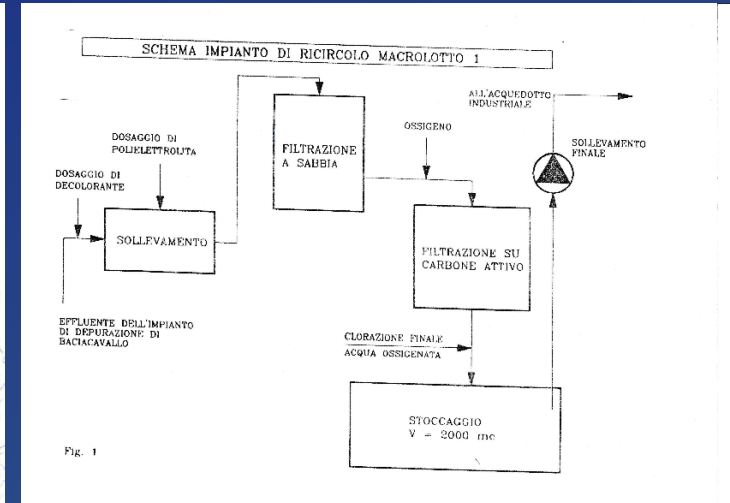
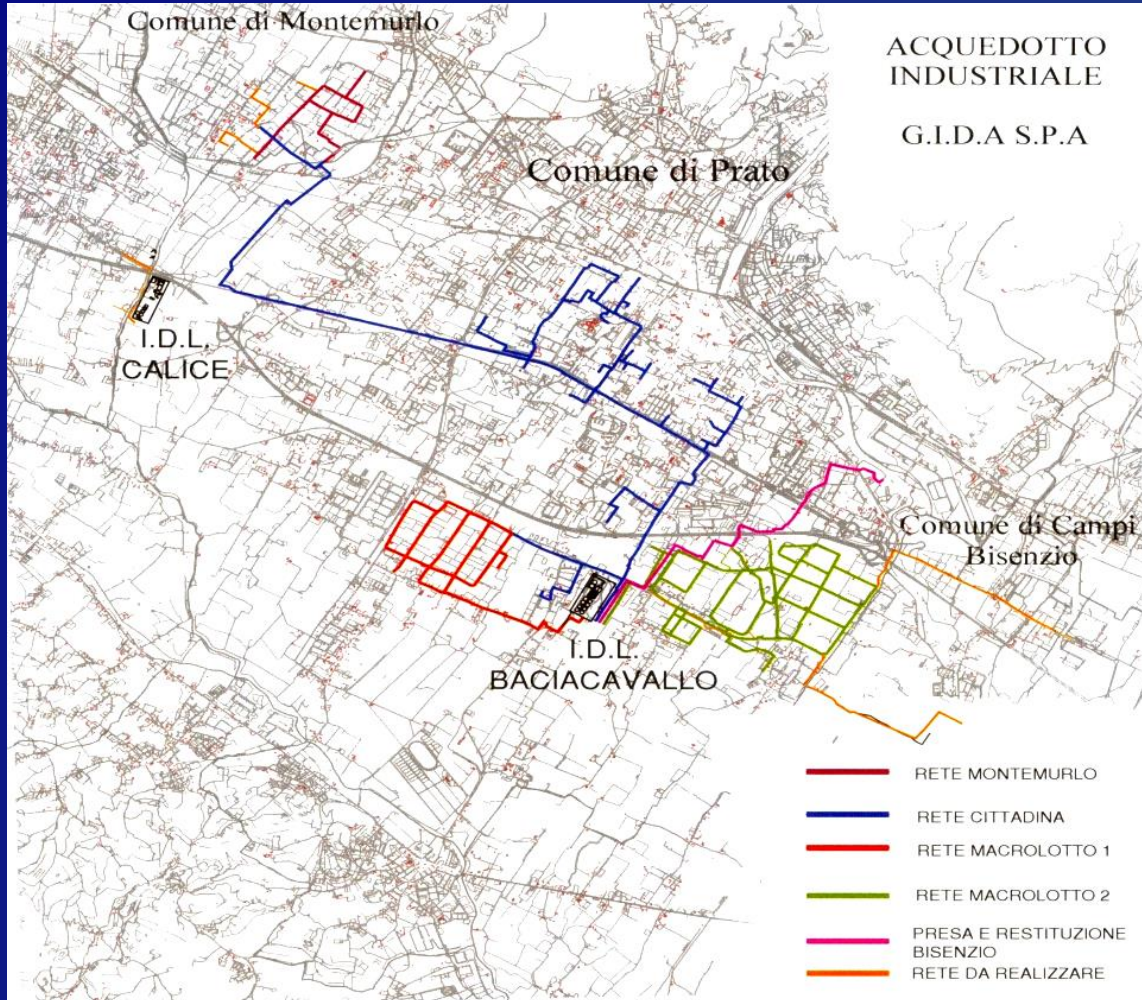
Articolo del direttore di Consiag Ing. A. Gambacciani dal titolo: Acqua di ricircolo per le imprese, Acqua di falda per i cittadini – 1996



Briglia nel tratto cittadino del Bisenzio, in prossimità del ponte ferroviario

SOLO POCHI ANNI FA...E ANCORA OGGI

IL SISTEMA DELL'ACQUEDOTTO INDUSTRIALE

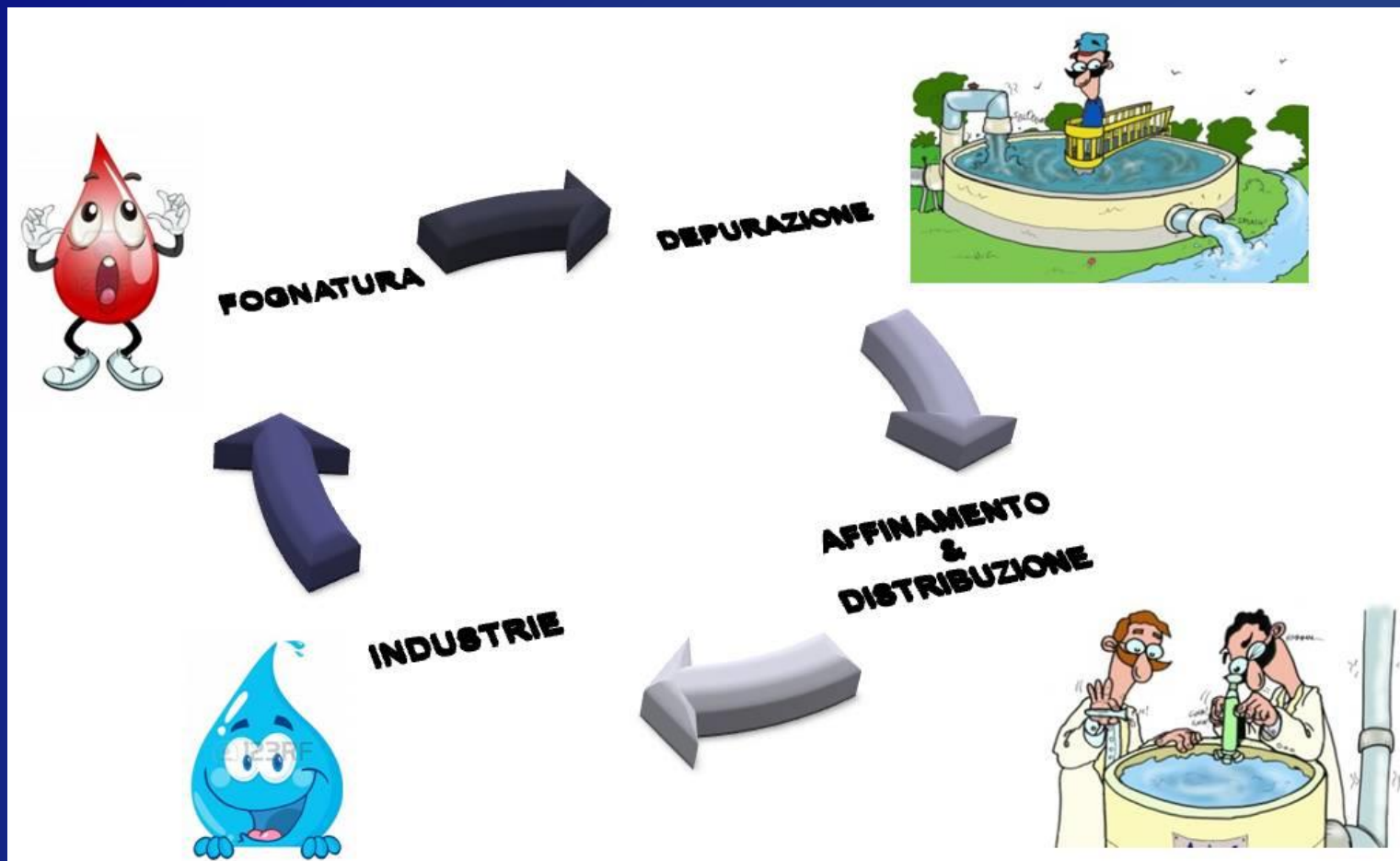


Schema impianto di ricircolo del Macrolotto 1

Sviluppo della rete dell'Acquedotto Industriale della città di Prato: due impianti di post-trattamento gestiti da due società diverse, IDRA e GIDA, e una rete di distribuzione lunga più di 60 km

SOLO POCHI ANNI FA...E ANCORA OGGI

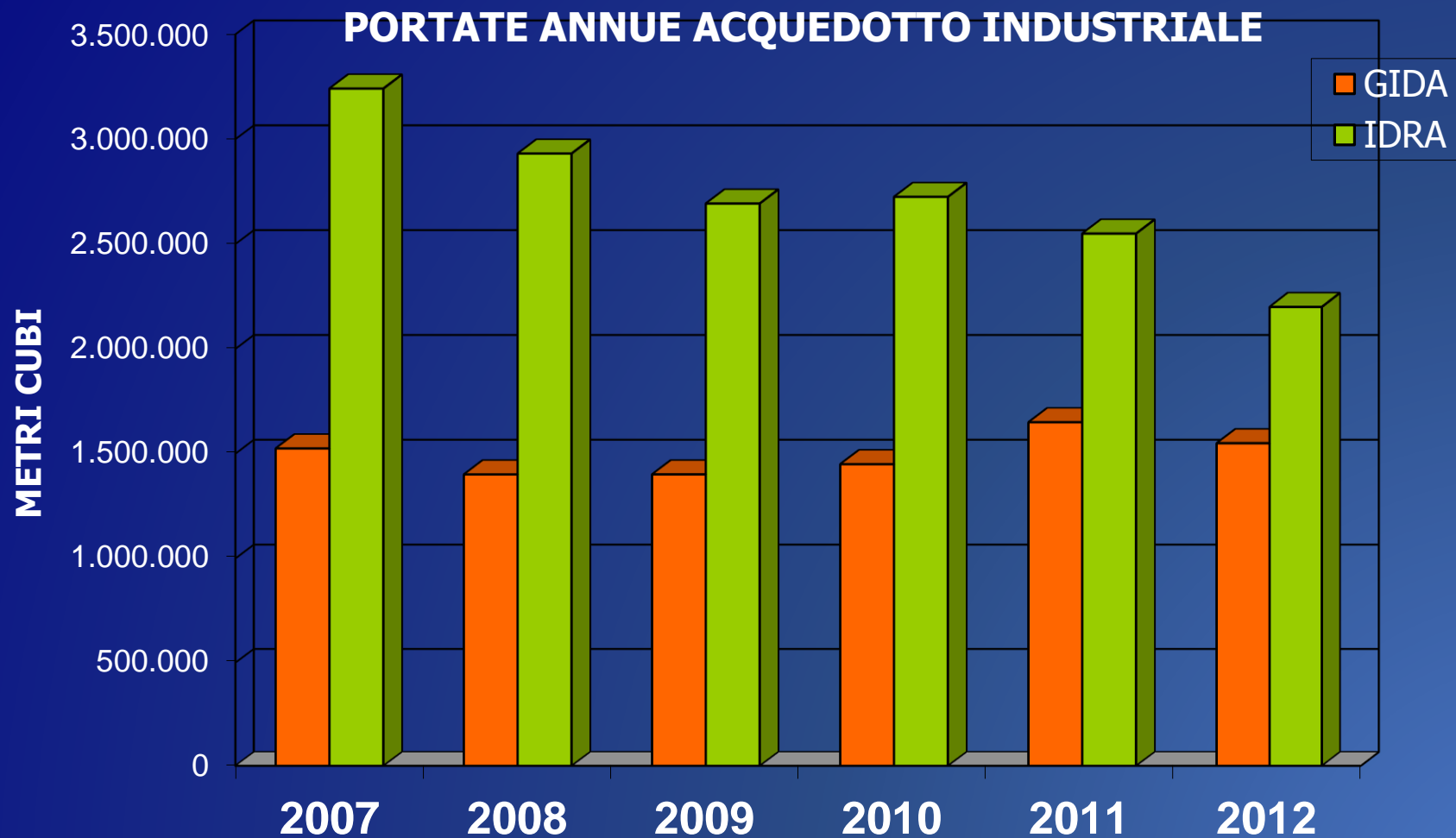
IL SISTEMA DELL'ACQUEDOTTO INDUSTRIALE



Lo schema virtuoso del recupero delle acque reflue depurate

SOLO POCHI ANNI FA...E ANCORA OGGI

IL SISTEMA DELL'ACQUEDOTTO INDUSTRIALE

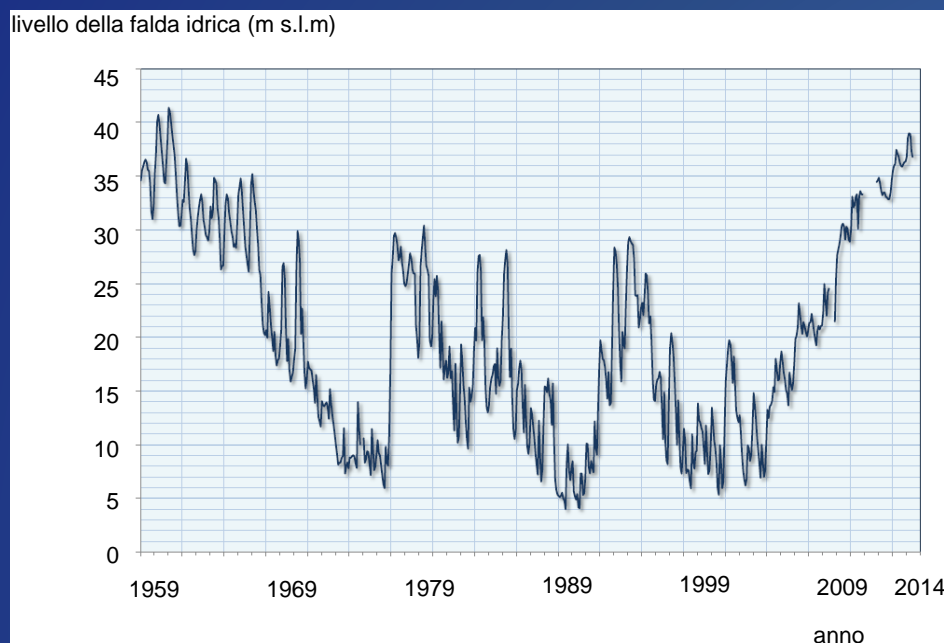


IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO



POSSIBILI CAUSE:

- 1) DIMINUZIONE PRELIEVI DI ACQUA PER USO INDUSTRIALE
- 2) REGIME DI PIOGGE CON CARATTERISTICHE DI MAGGIORE CUMULABILITA'



Andamento medio del livello della falda idrica pratese (piezometro le Badie - grafico Ingegnerie Toscane)

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO



Vista aerea dell'area della Palestra Universo nei pressi del Museo Pecci a Prato. Sono contrassegnati i pozzi di progetto che dovrebbero consentire di regolare il livello di falda, approvvigionando le condotte dell'Acquedotto Industriale (fonte GIDA)

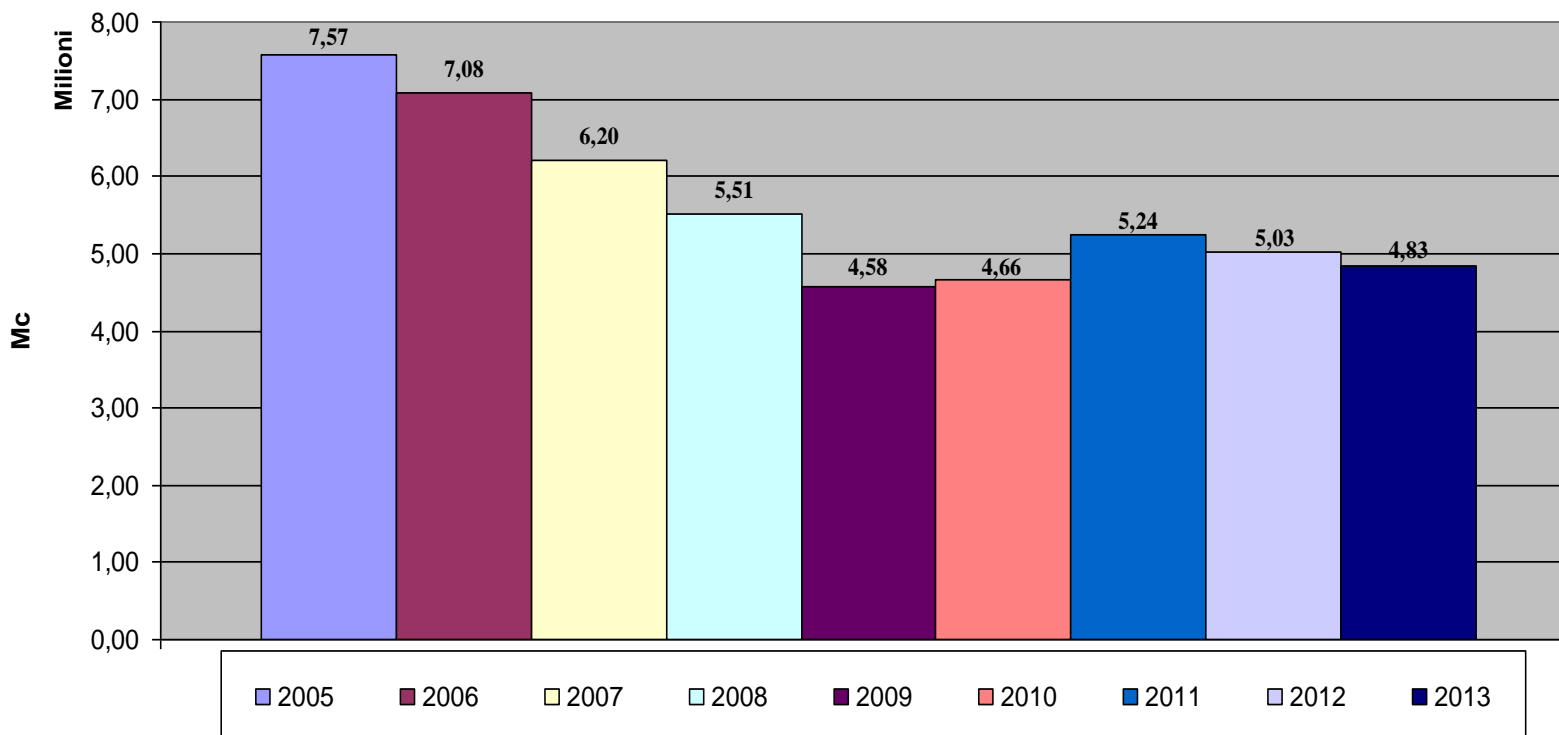


Prelievo e scarico in fognatura di acqua di falda dai sotterranei di un noto istituto di credito a Grignano, Prato (Maggio 2014)

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

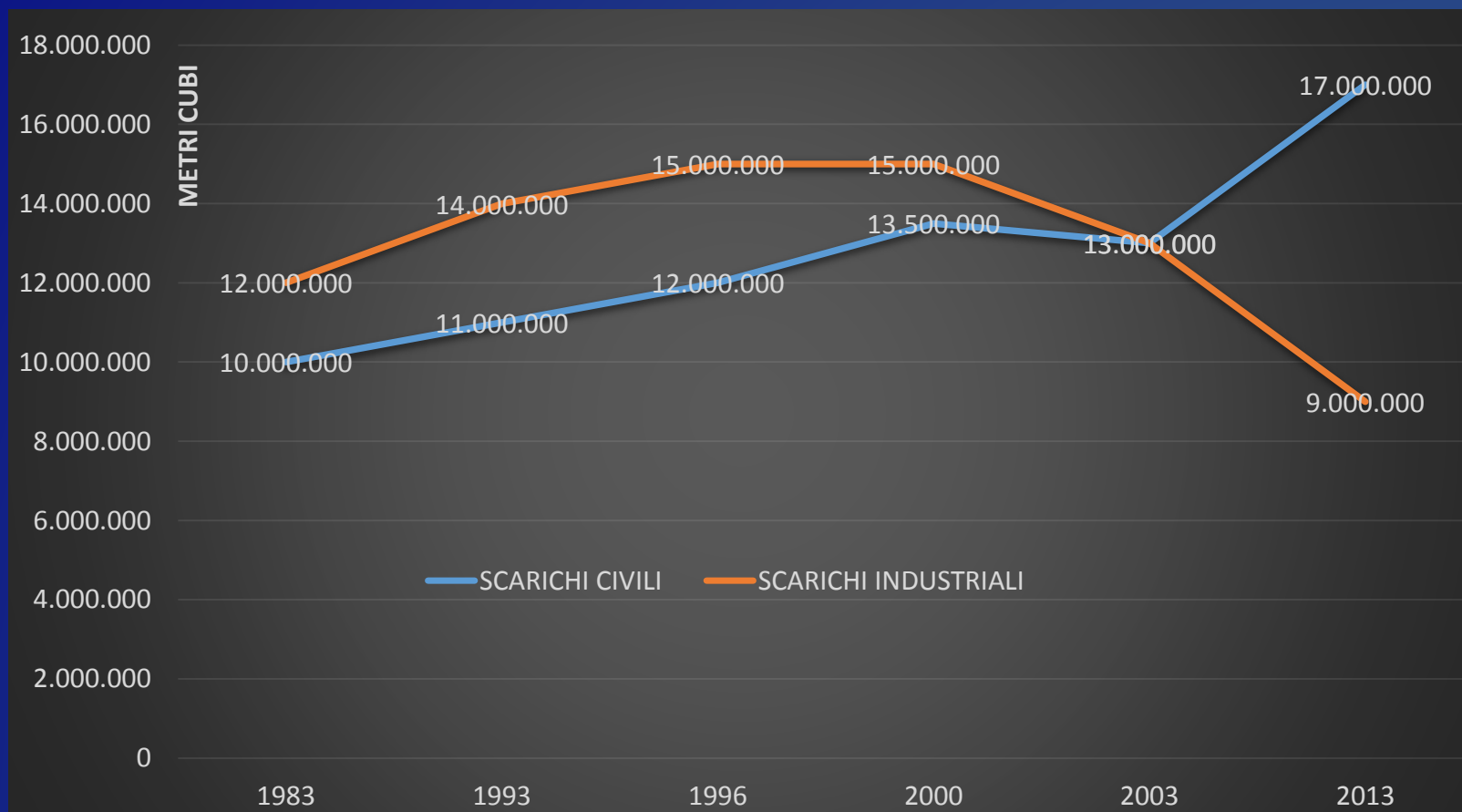
Prelievo di acqua di falda per uso industriale nel territorio pratese dal 2005 al 2013
(dati Provincia di Prato)

Prelievi industriali acque sotterranee nel dominio per il periodo 2005-2013



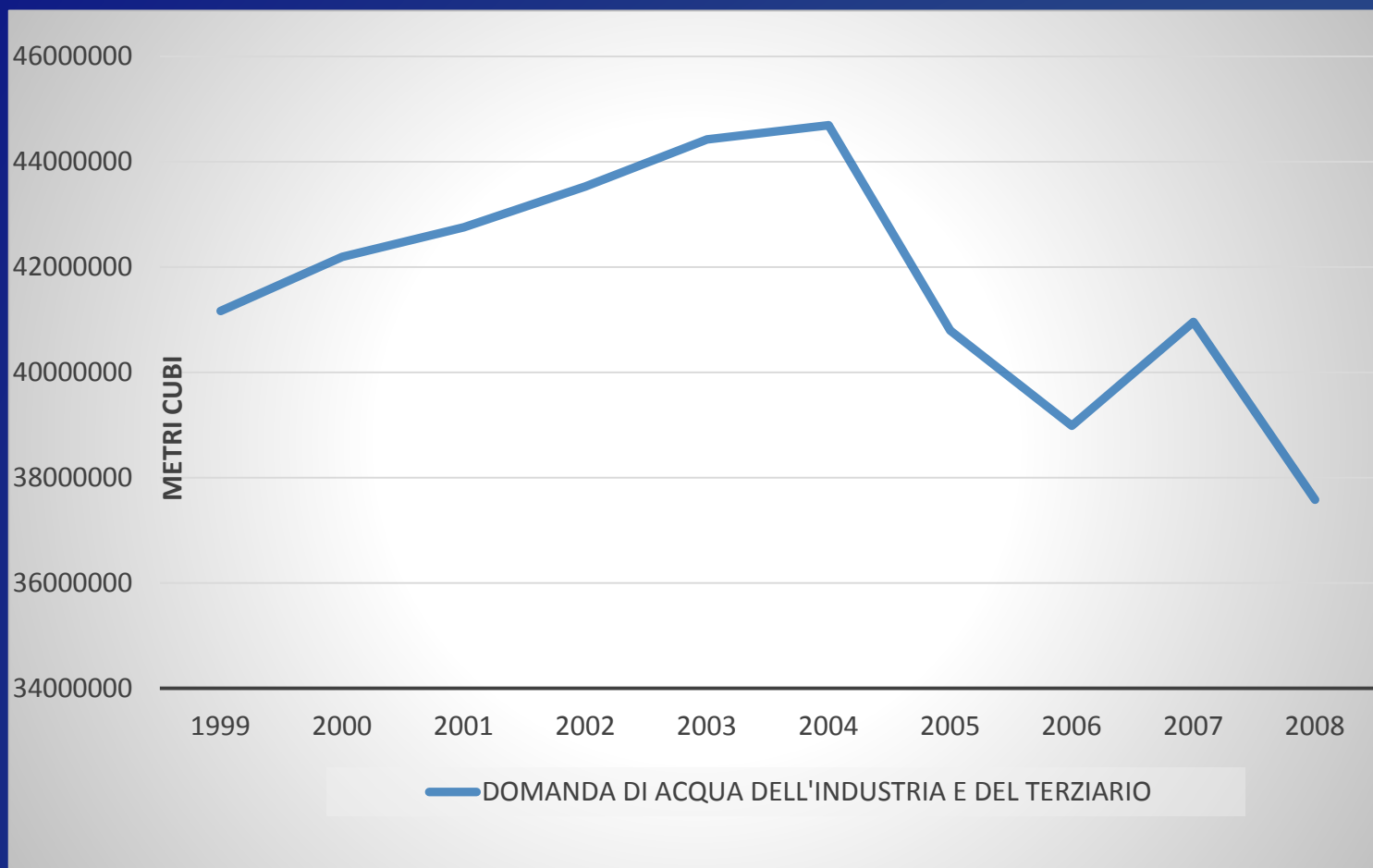
IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

Linee di tendenza degli scarichi idrici civili ed industriali a Prato (1983-2013)
(stime da dati GIDA, UIP, Publiacqua)



IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

Andamento della richiesta di acqua per uso industriale e attività terziarie valutata tramite coeff. di idroesigenza, anni 1999-2008 (Dati IRPET – Regione Toscana)



IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

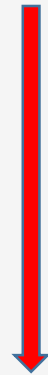


Regione Toscana
Città Verdi Innovazione Sostenibilità

Regione Toscana - Giunta Regionale
Direzione Generale delle Politiche Ambientali, Energia e Cambiamenti Climatici
Settore Servizio Idrologico Regionale
Centro Funzionale della Regione Toscana

Distribuzione delle piogge cumulate annuali sui territori provinciali per gli anni 2003 - 2013

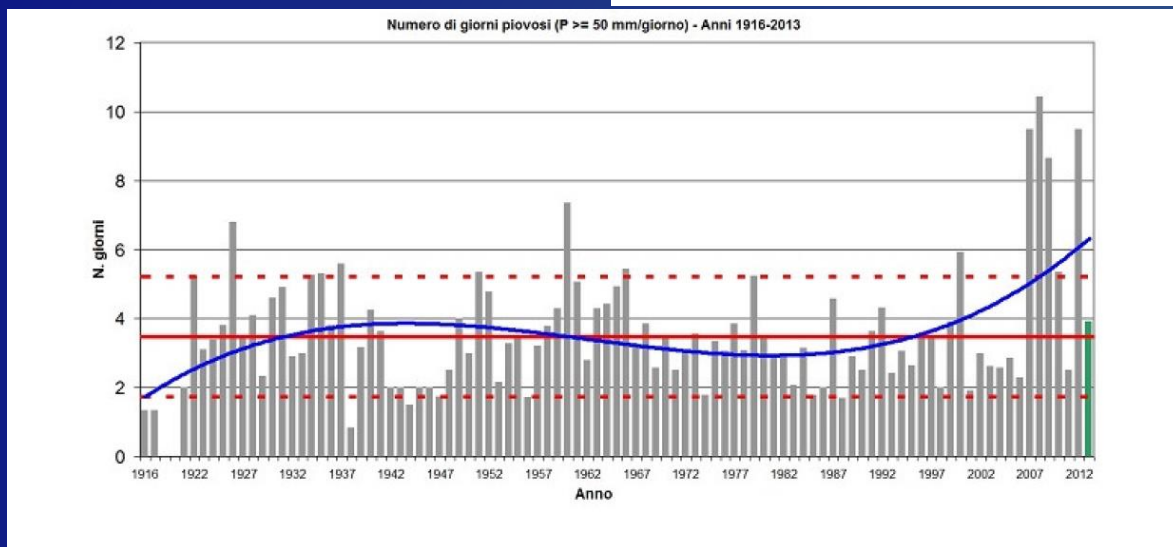
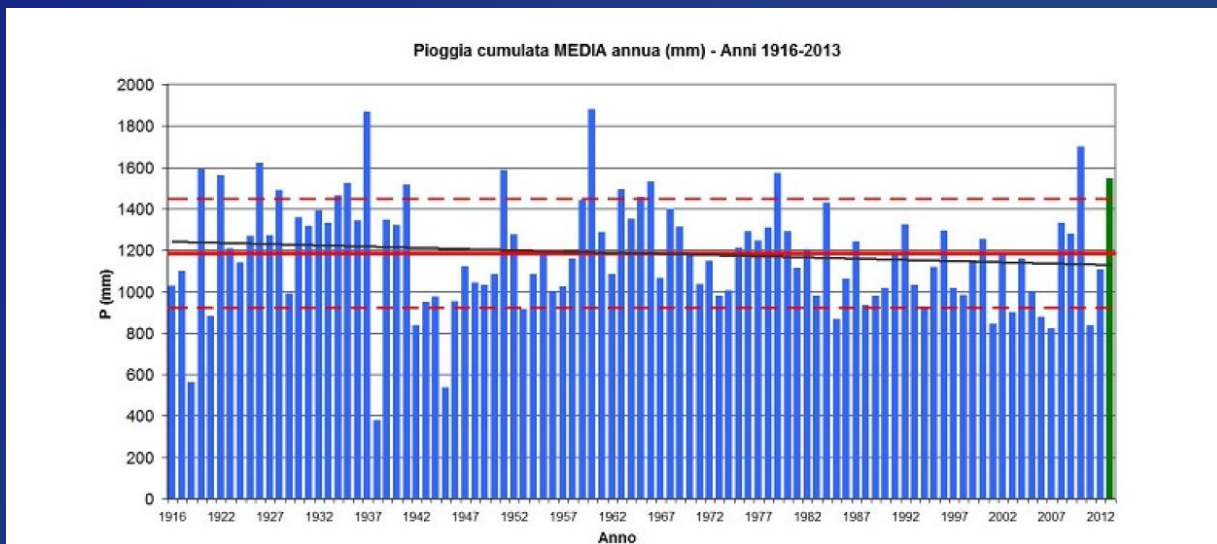
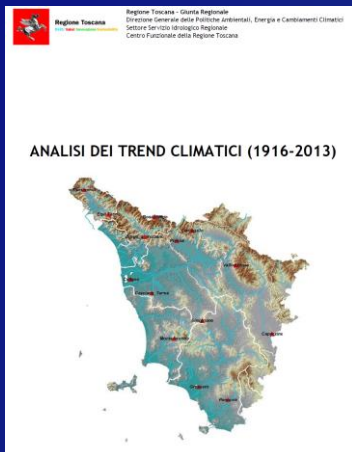
PROVINCE	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PO	PT	SI
1983	505.4	492.6	457.2	499.0	546.8	528.5	538.4	625.5	842.2	683.6
1984	880.1	900.7	949.5	897.6	1,020.2	1,038.8	945.9	1,111.1	1,348.9	1,235.9
1985	553.2	522.7	497.0	461.2	589.8	745.3	470.4	590.3	710.5	616.2
1986	693.7	651.9	613.9	539.2	822.3	840.5	542.8	771.7	900.1	687.9
1987	712.1	657.3	738.4	556.1	771.6	749.6	534.9	806.1	854.2	708.0
1988	545.6	570.3	561.6	484.8	656.0	692.6	522.4	622.9	670.6	657.3
1989	719.8	766.0	716.3	580.7	699.1	726.0	653.4	795.4	795.6	733.1
1990	502.2	528.4	564.0	557.2	721.3	731.6	565.3	688.0	899.4	552.3
1991	737.8	714.7	762.4	694.3	924.7	749.2	749.5	970.1	1,140.3	710.1
1992	358.1	468.0	400.9	404.4	802.3	537.8	485.8	690.9	1,042.6	334.7
1993	348.9	349.9	396.9	451.6	511.0	413.5	462.3	598.5	794.4	242.4
1994	402.5	412.3	504.1	457.2	550.3	560.8	399.0	559.9	743.7	569.1
1995	239.1	335.8	403.1	423.5	697.6	626.0	375.1	501.4	804.6	361.6
1996	1,102.0	1,180.8	1,038.2	966.2	1,777.4	1,716.0	1,084.6	1,371.4	1,620.0	1,031.2
1997	1,000.9	923.4	840.6	657.0	1,345.5	1,229.4	744.5	1,025.6	1,215.6	824.0
1998	912.9	946.0	725.0	598.6	1,367.4	1,330.5	756.1	1,113.6	1,215.2	761.8
1999	1,063.7	1,114.1	821.4	778.3	1,810.2	1,630.5	947.1	1,325.7	1,613.5	838.5
2000	1,005.1	1,102.7	824.5	881.8	1,842.6	1,796.1	1,087.5	1,279.4	1,628.0	908.8
2001	930.5	994.3	601.5	650.2	1,510.5	1,471.1	798.7	1,181.4	1,365.7	712.5
2002	1,079.7	1,068.1	853.0	899.6	1,635.1	1,525.6	1,006.4	1,314.7	1,616.6	920.0
2003	794.4	862.1	642.3	613.6	1,326.8	1,289.8	726.1	1,049.6	1,223.1	714.6
2004	1,157.2	1,073.4	876.1	796.3	1,635.7	1,532.7	944.5	1,279.6	1,520.2	945.9
2005	1,120.8	1,102.5	944.0	859.4	1,260.4	1,163.4	901.9	1,134.4	1,234.6	975.2
2006	797.7	888.8	708.8	659.0	1,259.5	1,258.3	775.4	1,102.0	1,236.1	678.0
2007	677.6	794.4	513.1	634.2	1,117.9	1,067.2	715.9	969.6	1,126.7	543.9
2008	1,034.5	978.4	1,079.7	1,032.2	1,782.8	1,813.9	942.1	1,233.0	1,591.5	991.1
2009	981.7	955.5	951.7	924.3	1,850.6	1,991.2	912.4	1,316.0	1,663.4	884.8
2010	1,308.0	1,397.0	1,165.2	1,305.9	2,216.2	2,487.1	1,432.2	1,644.0	1,984.4	1,208.4
2011	590.6	668.9	617.8	518.7	1,246.6	1,519.6	554.8	890.7	1,086.9	587.8
2012	911.8	913.8	858.2	777.6	1,545.8	1,667.4	890.5	1,103.3	1,356.6	835.7
2013	1,216.6	1,207.6	932.0	828.6	2,041.5	2,163.6	1,065.2	1,537.4	1,908.0	1,068.4
MEDIA 1983-2012	788.9	811.2	720.9	685.3	1,194.8	1,181.0	748.9	988.9	1,194.8	748.5



Distribuzione delle piogge cumulate annuali sui territori provinciali in Toscana anni 2003-2013 (Dati Regione Toscana)

Si nota l'aumento dell'accumulo a partire dal 1996, in particolare per le province di MS, LU, PT, PO

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO



Dal 1916 al 2013 la pioggia cumulata media annuale è invece diminuita ma sono aumentati notevolmente i giorni molto piovosi ($\geq 50\text{mm/d}$) in un anno (Dati Regione Toscana)

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

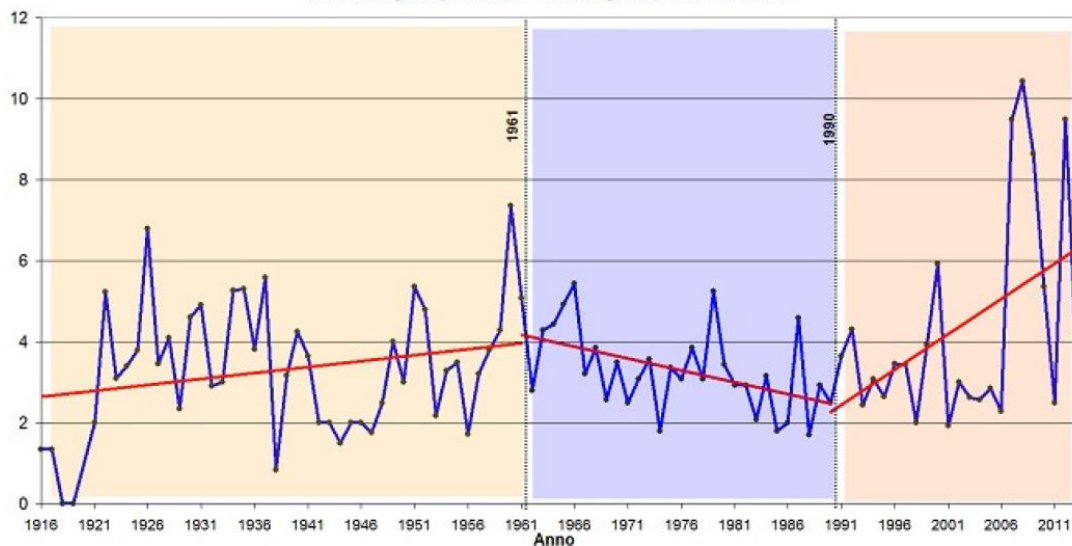
riduzione degli afflussi meteorici, appare interessante notare come sia notevolmente mutato il carattere delle piogge. In particolare, si rileva un sostanziale aumento dei giorni caratterizzati da forti intensità di pioggia ($P \geq 50$ mm/giorno, si veda fig. 2), mentre il numero di giorni contraddistinti dalle piogge medie cosiddette "efficaci" ($1 < P \leq 20$ mm/giorno) stanno diminuendo nel corso degli ultimi anni (si veda fig. 3) con contestuale aumento del numero dei giorni non piovosi, così come mostrato dalla linea di tendenza (linea verde) di figura 11. Le variazioni della



Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

Regione Toscana - Giunta Regionale
Direzione Generale delle Politiche Ambientali, Energia e Cambiamenti Climatici
Settore Servizio Idrologico Regionale
Centro Funzionale della Regione Toscana

Numero di giorni piovosi ($P \geq 50$ mm/giorno) - Anni 1916-2013

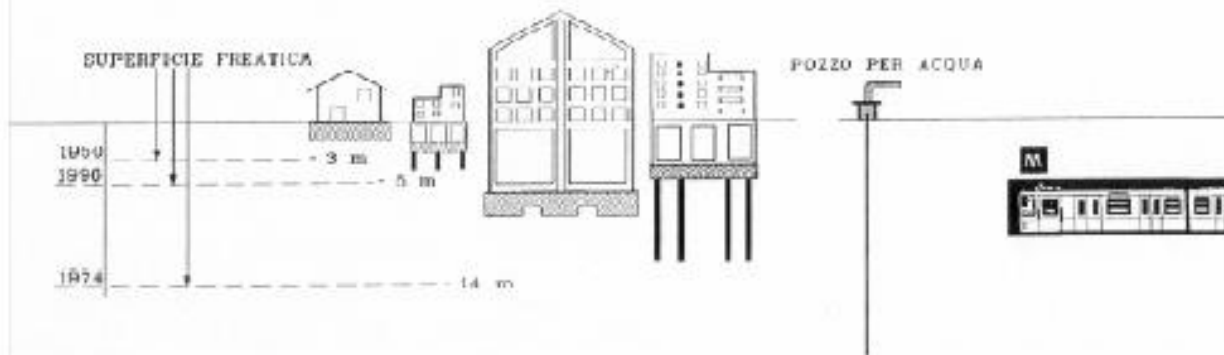


Dal dato relativo al numero dei giorni molto piovosi (≥ 50 mm/d) in un anno e dal quello sempre in crescita dei giorni non piovosi, si ricava la tendenza in atto alla cosiddetta tropicalizzazione climatica delle nostre zone (Dati Regione Toscana)

OGGI

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA IN ALTRE ZONE D'ITALIA

Andamento della falda
 acquifera nella città di
 Milano rispetto agli
 edifici costruiti,
 dal 1950 al 1996



Falda acquifera e manufatti tra il 1950 e il 1996

ilsussidiario.net il quotidiano
 approfondito
 VERSIONE BETA

MILANO

**IL CASO/ La falda acquifera mette in pericolo Milano.
 L'esperto: non c'è nulla da fare**

INT. Gianfranco Becciu
 lunedì 29 agosto 2011

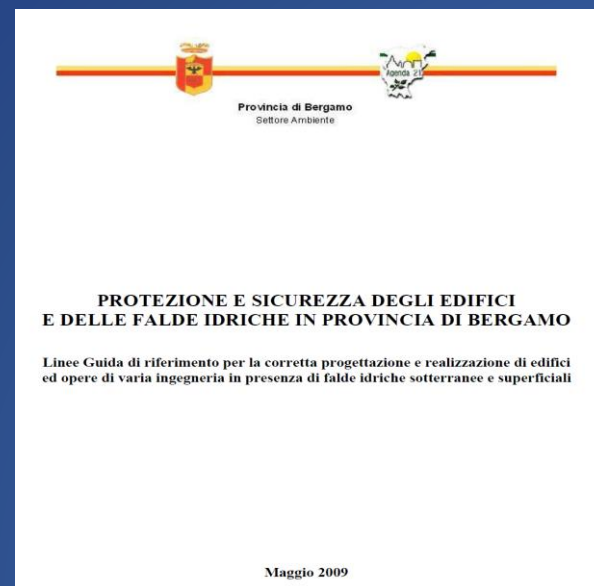
Intervista al
 Prof. Becciu,
 dell'Istituto di
 Costruzioni
 Idrauliche
 presso il
 Politecnico di
 Milano (2011)

OGGI

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA IN ALTRE ZONE D'ITALIA



Copertina delle Linee Guida emanate dal Comune di Milano, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico per il controllo e l'intervento sugli immobili interessati dalla risalita della falda (2001)



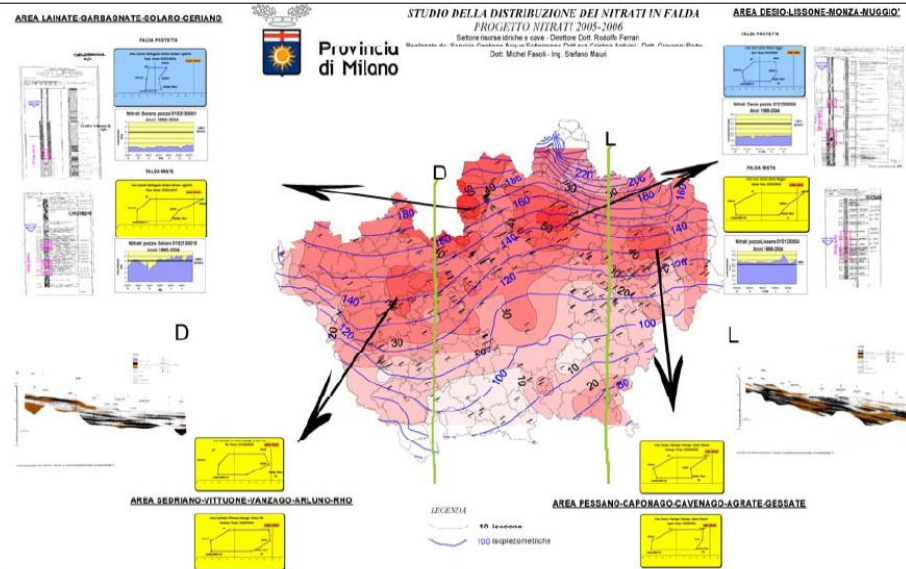
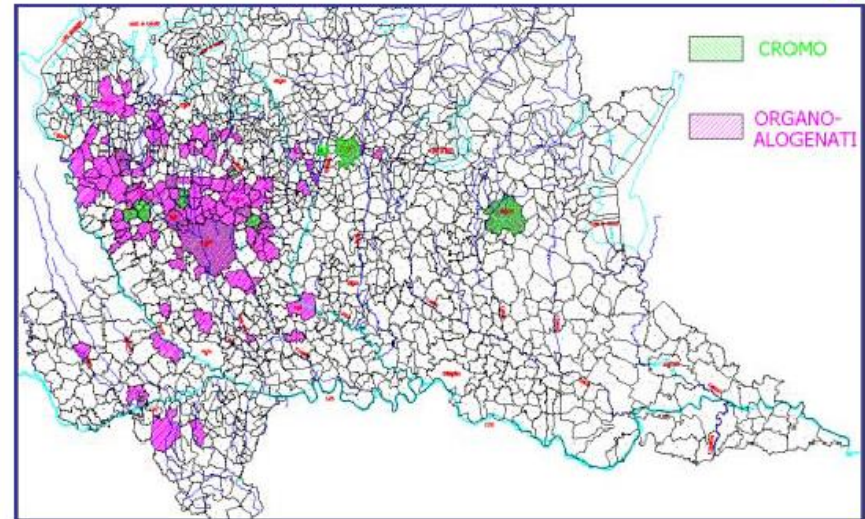
Copertina delle Linee Guida emanate dalla Provincia di Bergamo, per la protezione e sicurezza degli edifici (2009)

OGGI

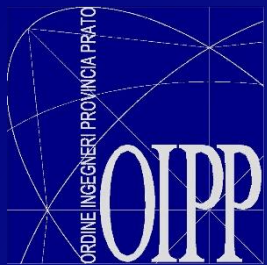
IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA E DELLA PRESENZA DI SOSTANZE INQUINANTI

Distribuzione degli inquinanti nella falda acquifera in Lombardia: Cromo e Organoalogenati (2001)

Figura 9 Distribuzione cromo e organoalogenati (>C.M.A.) (Regione Lombardia, Marzo 2001, Acque sotterranee in Lombardia)



Studio della distribuzione dei Nitrati nella falda acquifera della Provincia di Milano (2006)



OGGI

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA E DELLA PRESENZA DI SOSTANZE INQUINANTI

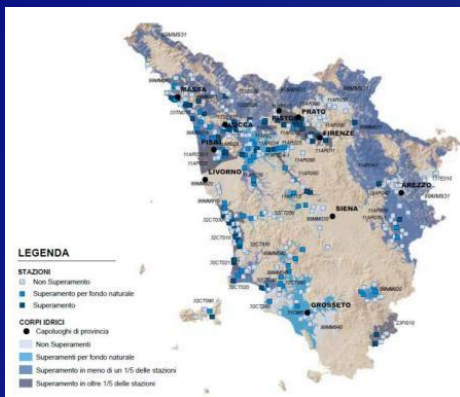
Nel Piano Regionale di Azione Ambientale 2007 – 2010 della Regione Toscana:

*“DISTRETTO TESSILE: sotto il profilo qualitativo (...) le acque sotterranee sono caratterizzate da diffuse e alte concentrazioni di **tetracloroetilene**, solvente largamente usato sia nelle attività tessili sia nel settore delle lavanderie a secco non industriali. Per tale criticità occorre procedere ad una più puntuale caratterizzazione degli acquiferi e di conseguenza valutarne i rischi ed eventualmente la possibilità di un risanamento.*

Determina Provincia di Prato N. 1755 del 09/06/2011:

- probabile correlazione dell'aumento della concentrazione del **tetracloroetilene** con la risalita del livello della falda che è andato ad interessare porzioni di suolo non sature e che ha determinato un dilavamento dell'eventuale **tetracloroetilene** adeso al terreno;
- l'inquinamento da **tetracloroetilene**, **tricloroetilene** e **nitrati** della falda idrica del territorio della Provincia di Prato è da considerare diffuso, ai sensi dell'art. 240, lettera r) del D.Lgs. 152/2006 e pertanto spetta alla Regione Toscana intervenire con azioni di bonifica attraverso appositi piani, così come previsto dall'art. 239, comma 3 del DLgs 152/2009

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA E DELLA PRESENZA DI SOSTANZE INQUINANTI



Acque sotterranee

12

Qualità delle acque sotterranee

Esiti monitoraggio 2013	Corpo Idrico			Superamenti
Superamenti SQA/VS in oltre 1/5 delle stazioni	11AR012	PO	PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA PRATO	tetracloroetilene + tricloroetilene, triclorometano, tetracloroetilene, somma organoalogenati
Superamenti SQA/VS in meno di 1/5 delle stazioni	99MM932	RI - PO	ARENARIE DI AVANFOSSA DELLA TOSCANA NORD-ORIENTALE - ZONA MONTE ALBANO	tetracloroetilene + tricloroetilene, tricloroetilene, somma organoalogenati
Non superamenti	99MM931	AR-FI-LU-MS-PO-PT	ARENARIE DI AVANFOSSA DELLA TOSCANA NORD-ORIENTALE - ZONA DORSALE APPENNINICA	---

Nota: la classificazione 2013 è da ritenersi provvisoria trattandosi del primo dei tre anni del ciclo di monitoraggio previsto in Toscana



Acque superficiali destinate alla produzione di acque potabili

14

ACQUA

Esiti del monitoraggio 2011-2013

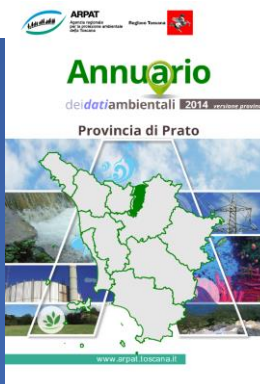
STAZIONE	COMUNE	Classificazione 2011-2013
RIO CARPINETO	CARMIGNANO	A3
RIO BUTI	PRATO	A3
FOSSO VETRICEIONE	CANTAGALLO	A3
TORRENTE FIUMENTA	VERNIO	A2
RIO NESPOLO	VERNIO	SubA3
TORRENTE BAGNOLO	MONTEMURLO	A3
LAGO BAGNOLO	MONTEMURLO	A3
TORRENTE AGNA	MONTEMURLO	A3
RIO NOSA	VAIANO	A3
FIUME BIGENZIO	VERNIO	A3

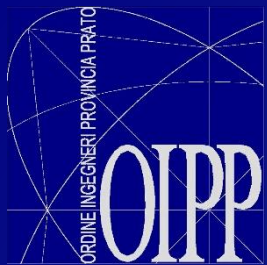
Categoria*

A1 □ A2 □ A3 ■ SubA3 ■ Non classificabile

* Dal 2004 ad oggi nessun corpo idrico ha raggiunto la classificazione A1

Rappresentazione dello stato delle acque sotterranee e delle acque superficiali della Provincia di Prato (Annuario ARPAT-2014). Sono tuttora persistenti i fenomeni di inquinamento della falda da composti alogeno derivati





OGGI

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

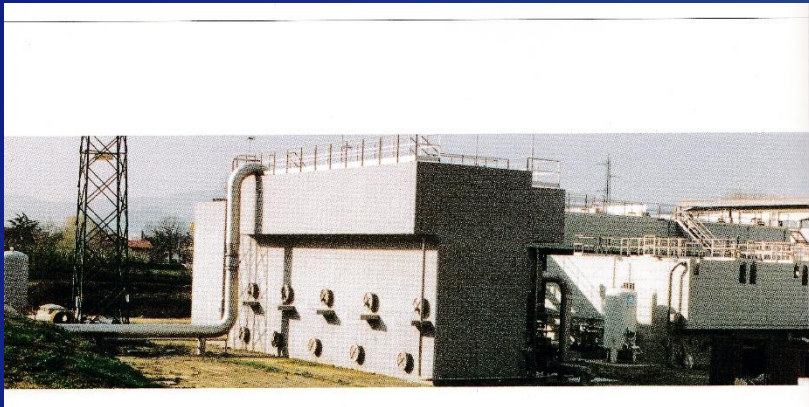
CONCLUSIONI:

- 1) Il fenomeno della risalita della falda freatica è un fenomeno naturale, connaturato con le caratteristiche del territorio pratese
- 2) Come tutti i fenomeni naturali in evoluzione, è necessario che venga sottoposto ad un monitoraggio continuo quanto accurato per prevederne gli sviluppi futuri
- 3) E' necessario che anche la comunità pratese si doti di idonei strumenti di governo di questo fenomeno (linee guida, regolamenti, norme tecniche, ecc...)
- 4) In questo contesto deve essere infine affrontato e risolto il problema della forte contaminazione dell' acqua della falda pratese con una azione congiunta di tutti gli attori interessati, pubblici e privati.

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

CONCLUSIONI:

- 5) Le infrastrutture a suo tempo realizzate per la soluzione del problema della scarsità di risorsa idrica (ad esempio, gli impianti per la produzione di acqua di riciclo) sono un bene della collettività e il loro impiego potrebbe essere, in quota parte, finalizzato all'abbattimento dei composti inquinanti contenuti nell'acqua di falda



Impianto di post-trattamento
del 1° Macrolotto - Conser

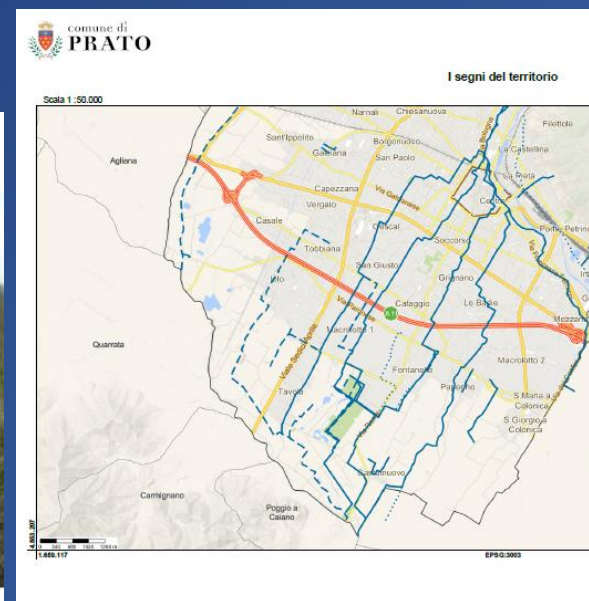


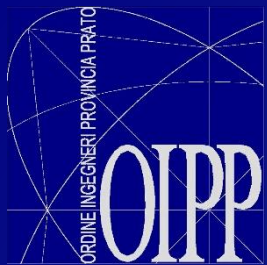
Filtri a sabbia impianto
post-trattamento GIDA

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

CONCLUSIONI:

- 6) La regolazione dei livelli di falda presuppone il prelievo e lo scarico di ingenti volumi di acqua che non possono essere recapitati direttamente in fognatura. Occorre individuare nuove vie d'acqua che recapitino questi flussi direttamente nei corsi d'acqua superficiali (ad es. attraverso il recupero dei percorsi delle antiche gore)





OGGI

IL FENOMENO DELLA RISALITA DELLA FALDA A PRATO

*Infine, dobbiamo fare ogni sforzo
per considerare il fenomeno della risalita della falda
non solo come un problema ma come una opportunità,
come un tesoro che credevamo di avere perduto e che,
invece, è tornato nelle nostre mani.*

A noi il compito di non disperderlo di nuovo.

Vi ringrazio della cortese attenzione