



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**

**FACOLTA' DI SCIENZE STATISTICHE**

**Corso di Laurea in  
Scienze Statistiche, Demografiche e Sociali**

**TESI DI LAUREA**

**ANALISI DI SERIE TEMPORALI  
SUI LIVELLI POTENZIOMETRICI  
NEL BACINO TERMALE EUGANEO**

**Relatore: Ch.mo Prof. CARLO GAETAN**

**Correlatore: Ch.mo Prof. PAOLO FABBRI**

**Laureanda: DANIELA LO CASTRO**

**ANNO ACCADEMICO 2005-2006**

## INDICE

|   |      |    |
|---|------|----|
| <b>INTRODUZIONE</b> .....   | Pag. | 3  |
| <b>Cap. 1 Inquadramento idrogeologico</b> .....                         | >>   | 5  |
| 1.1. Assetto geologico.....   | >>   | 5  |
| 1.2. Perché fare intervenire la statistica.....                         | >>   | 7  |
| <b>Cap. 2 Analisi preliminari e dati mancanti</b> .....                 | >>   | 11 |
| 2.1. Fonte e descrizione dei dati .....                                 | >>   | 11 |
| 2.2. Procedure per il completamento della serie: il <i>LOESS</i> .....  | >>   | 14 |
| 2.3. Applicazione alla serie di Abano Terme .....                       | >>   | 18 |
| 2.4. Applicazione alla serie di Montegrotto .....                       | >>   | 25 |
| 2.5. Scelta tra le due procedure e della serie finale .....             | >>   | 30 |
| <b>Cap. 3 Decomposizione <i>STL</i></b> .....                           | >>   | 33 |
| 3.1. Perché decomporre .....  | >>   | 33 |
| 3.2. Procedure per la decomposizione della serie: <i>STL</i> .....      | >>   | 35 |
| 3.3. Applicazione alla serie di Abano Terme .....                       | >>   | 40 |
| 3.4. Applicazione alla serie di Montegrotto .....                       | >>   | 45 |
| 3.5. Considerazioni conclusive .....                                    | >>   | 49 |
| <b>Cap. 4 Modelli di regressione con errori autocorrelati</b> .....     | >>   | 51 |
| 4.1. Modello di regressione con residui autocorrelati <i>ARMA</i> ..... | >>   | 52 |
| 4.2. Applicazione alla serie di Abano Terme .....                       | >>   | 56 |
| 4.3. Applicazione alla serie di Montegrotto .....                       | >>   | 67 |
| <b>Cap. 5 Modelli <i>state-space</i></b> .....                          | >>   | 75 |
| 5.1. Assunti teorici.....   | >>   | 76 |

|   |    |    |
|---|----|----|
| 5.2. Applicazione alla serie di Abano Terme ..... | >> | 85 |
| 5.3. Applicazione alla serie di Montegrotto... .. | >> | 92 |
| <b>CONCLUSIONI</b> .....                          | >> | 93 |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....                         | >> | 97 |

## INTRODUZIONE

La seguente tesi ha lo scopo di analizzare la dinamica della serie temporale dei livelli potenziometrici nel Bacino Termale Euganeo: in particolare, l'obiettivo verte attorno alla spiegazione dell'andamento del livello idrico dal punto di vista idrogeologico, al fine cioè di capire il comportamento idrogeologico del bacino geotermale: l'interesse è indagare sull'esistenza di un trend e se questo non è legato a fattori di natura antropica.

Le serie di dati a nostra disposizione riguardano due centri termali, Abano Terme e Montegrotto, presso i quali sono state fatte le rilevazioni. L'acqua termale è principalmente usata a scopi terapeutici; i dati sui livelli d'acqua mettono chiaramente in evidenza, infatti, come questi siano indotti dalle portate di acqua estratta: in particolare le serie presentano delle fluttuazioni stagionali, con due minimi (in primavera e in autunno) e due massimi (in inverno e in estate), in accordo con l'attività alberghiera della zona.

Il sovra-sfruttamento dell'acquifero avvenuto negli anni '70, inoltre, ha prodotto un rapido abbassamento del livello potenziometrico e conseguentemente una graduale scomparsa delle sorgenti naturali: ciò ha indotto la Regione Veneto a installare un sistema di monitoraggio dell'acqua sotterranea per tenere sotto controllo la situazione.

Lo studio della dinamica che ha interessato i livelli vuole fornire delle indicazioni importanti sul corretto andamento della serie, utili a prevenire altre situazioni di sovra-sfruttamento che possono compromettere lo svuotamento dell'acquifero. In questa sede l'interesse è più che altro volto a comprendere a livello idrogeologico il tipo di evoluzione che ha interessato il livello idrico del bacino, ma per fare ciò è indispensabile tenere in debita considerazione gli effetti sulla serie dell'avvenuta antropizzazione sul bacino.

A tale scopo la modellazione del fenomeno viene affrontata con strumenti statistici sviluppati nell'ambito delle serie temporali. La tesi verrà pertanto strutturata nel modo seguente.

Il primo capitolo sarà dedicato a illustrare le principali caratteristiche idrogeologiche che contraddistinguono il bacino termale euganeo e a fornire una traccia delle tipologie di analisi che affronteremo in accordo agli obiettivi prefissi.

Dopo avere stabilito nel capitolo seguente i criteri su come trattare i dati mancanti che interessano le serie di dati a disposizione, ci accingeremo nel terzo capitolo a condurre una prima analisi basata sulla decomposizione delle serie nelle loro componenti principali al fine di capire gli elementi distintivi che caratterizzano i nostri dati.

Seguiranno infine due approcci più complessi che permettono di mettere in relazione la serie delle portate con quella dei livelli che la decomposizione non permette invece di fare. La prima tecnica, trattata nel quarto capitolo, consiste di un modello di regressione con residui autocorrelati, mentre la seconda, più generale ed esposta nell'ultimo capitolo, è basata sui modelli cosiddetti *state-space* e permette di trattare in forma molto più sofisticata e flessibile i nostri dati.

# CAPITOLO 1

## INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In questa trattazione l'obiettivo verte attorno alla spiegazione di un fenomeno di natura idrogeologica. Pertanto ci accingiamo di seguito ad illustrare il contesto di riferimento del fenomeno oggetto di studio: per una trattazione più dettagliata si veda Fabbri *et al.* (2005).

### ***1.1. Assetto geologico***

I Colli Euganei sono un gruppo collinare che si eleva isolato nel Veneto meridionale: è situato a Sud-Ovest di Padova e si estende su un'area che copre circa 100 Km<sup>2</sup>. È un distretto vulcanico originatosi alla fine dell'Eocene ed è quindi composto principalmente da rocce vulcaniche, circondate da una pianura alluvionale con depositi quaternari.

La zona in questione è ricca di sorgenti termali e minerali: i campi idrotermali euganei sono per l'appunto le zone a cui facciamo riferimento e dai quali sono stati tratti i dati sui livelli e sulle portate estratte dal sottosuolo. Tra i maggiori centri dell'area idrominerale euganea, caratterizzata da temperature molto elevate d'acqua sotterranea, ci sono Abano Terme e Montegrotto Terme, in provincia di Padova: è in questi due Comuni, situati a Nord-Est dei Colli Euganei a circa 10 metri sopra il livello del mare e distanti 2-3 Km l'uno dall'altro, che sono situati dove sono state fatte le rilevazioni (vedi figura 1.1).

**FIGURA 1.1**