

# **IDROGEOLOGIA DELLA PIANURA PIEMONTESE**

**Regione Piemonte** – Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche (1)

**Università degli Studi di Torino** – Dipartimento di Scienze della Terra (2)

Autori dei Testi:	Annalisa Bove (2) Daniele Casaccio (2) Domenico Antonio De Luca (2) Enrico Destefanis (2) Manuela Lasagna (2) Luciano Masciocco (2) Luca Ossella (2) Michela Tonussi (2)
Responsabili Scientifici:	Domenico Antonio De Luca (2) Luciano Masciocco (2)
Coordinamento:	Maria Governa (1) Massimiliano Petricig (1)
Elaborazioni cartografiche:	Annalisa Bove (2) Daniele Casaccio (2) Enrico Destefanis (2) Luca Ossella (2) Michela Tonussi (2)

*Si ringrazia Anna Maria Lanfranco (1) per il contributo fornito alla traduzione dei testi in inglese.*

Stampa: Mario Gros Industrie Grafiche S.p.A. - Torino

Luglio 2005

La definizione della proposta di Piano di Tutela delle Acque (PTA) è stata preceduta da una lunga ed approfondita analisi delle informazioni disponibili sul patrimonio idrico della Regione Piemonte. Tra l'altro, molto importante è risultata la ricostruzione di dettaglio del modello idrogeologico degli acquiferi, assunta a riferimento di base per le necessarie azioni di pianificazione e di tutela delle risorse idriche sotterranee.

La disponibilità di tali conoscenze è risultata fondamentale, ed è tuttora determinante, per la definizione di possibili strumenti di gestione e protezione delle risorse idriche, nonché per la programmazione, progettazione e realizzazione di infrastrutture per il loro sfruttamento (approvvigionamento idrico a fini idropotabili) o di infrastrutture a notevole impatto ambientale superficiale e sotterraneo.

Avviata con un primo modello idrogeologico concettuale a scala 1:250.000 attraverso la realizzazione dei progetti PR.I.S.M.A.S. (PRogetto Interregionale Sorveglianza e Monitoraggio delle Acque Sotterranee), PR.I.S.M.A.S. II e VALLE TANARO (a seguito dell'evento alluvionale del 1994), grazie ad una proficua collaborazione con gli Atenei piemontesi e con l'A.R.P.A. Piemonte, la conoscenza è giunta oggi ad un livello avanzato di definizione.

Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino, con i tecnici della Regione Piemonte, presentano i risultati di diversi anni di studio, indagine e sperimentazione ampiamente illustrati nel CD-ROM allegato.

Il lavoro è stato svolto alla scala 1:100.000 per i territori di pianura delle province di Alessandria, Asti, Biella, Cuneo, Novara, Torino e Vercelli e sintetizzato alla scala 1:250.000 per l'intero territorio di pianura della regione.

Di seguito vengono esposti gli argomenti affrontati nei 14 articoli scientifici, visualizzati nelle cartografie informatizzate e contenuti nel CD-ROM allegato alla presente "brochure".

Ulteriori informazioni e cartografie, anche inerenti l'idrologia superficiale, sono disponibili all'indirizzo <http://www.regione.piemonte.it/acqua>.

*The drafting of the Piedmont Water Protection Plan (PTA) has been preceded by a careful analysis of all available data about Piedmont Region water resources.*

*The detailed reconstruction of a hydrogeological conceptual model of aquifers has proved particularly important in order to create the basis for groundwater planning and protection.*

*The availability of such a knowledge is essential in order to define possible tools for groundwater protection and management, for new groundwater exploitation planning (public drinking water supplies), and finally for environmental impact studies on projects interesting both soil and subsoil.*

*A first conceptual model realized on a scale 1:250.000 thanks to the PR.I.S.M.A.S., (acronym of PRogetto Interregionale Sorveglianza e Monitoraggio delle Acque Sotterranee), PR.I.S.M.A.S. II and VALLE TANARO projects, has been improved, by reaching a better detail level.*

*The Earth Sciences Department of Turin University, together with the technical staff of the Piedmont Region Water Management Department, proposes the results acquired in several years of study, surveys and tests widely explained on the enclosed Cd-ROM.*

*The plain area of Alessandria, Asti, Biella, Cuneo, Novara, Torino and Vercelli districts has been investigated at a better detail scale (1:100.000) and to resume the results in a 1:250.000 comprehensive view of the entire regional territory.*

*The arguments, dealt in 14 scientific papers, visualized on digital maps and included in the CD-ROM enclosed to the present leaflet, are explained in the following.*

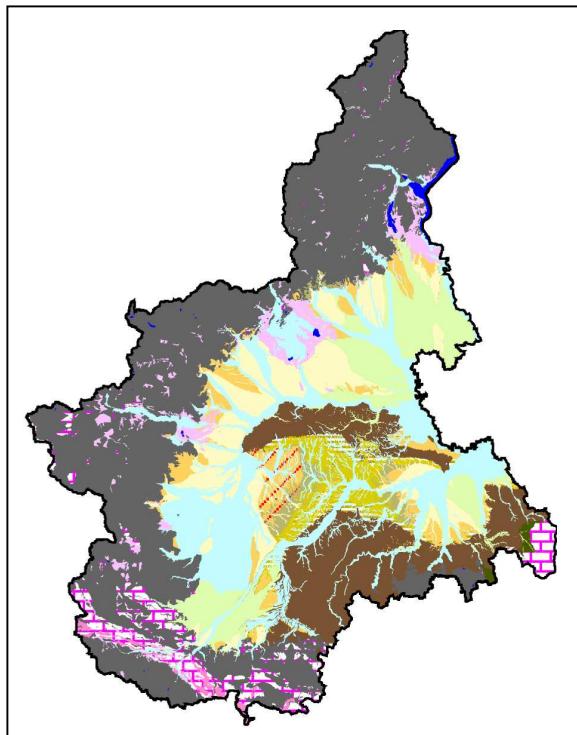
*More information, data and maps concerning groundwaters as well as surface waters, are available at <http://www.regione.piemonte.it/acqua>.*

**Salvatore De Giorgio**

Responsabile Direzione Regionale  
Pianificazione delle Risorse Idriche

**Nicola De Ruggiero**

Assessore Regionale all'Ambiente, Parchi e Aree  
Protette, Risorse Idriche, Acque Minerali e Termali



Carta dei Complessi Idrogeologici (cfr. CD-ROM - allegato I.1)  
Hydrogeological complexes map (see CD-ROM – allegato I.1)

## ASSETTO GEOIDROLOGICO

Le formazioni geologiche affioranti nella Regione Piemonte sono state distinte in tre grandi categorie in base al tipo di permeabilità: rocce permeabili per porosità, per fratturazione e per carsismo (ovvero quelle solubili all'azione dell'acqua, essenzialmente calcaree e gessate).

In base alle caratteristiche geoidrologiche, le varie formazioni sono state raggruppate in Serie Idrogeologiche che possono essere suddivise in uno o più Complessi Idrogeologici.

L'assetto regionale è stato quindi ricostruito individuando sei Serie Idrogeologiche, differenziate per ambiente deposizionale e per età.

Dalla più recente alla più antica, e quindi da quella strutturalmente più elevata a quella più profonda, le Serie sono le seguenti:

- Serie dei Depositi Continentali (Olocene – Pleistocene inf.)
- Serie dei Depositi di Transizione (Pleistocene inf. – Pliocene medio)
- Serie dei Depositi Marini Pliocenici (Pliocene)
- Serie dei Depositi Prepliocenici del Bacino Terziario Piemontese (Pliocene inf. – Oligocene)
- Serie dei Complessi Sedimentari dei Rilievi Alpino e Appenninico (pre-Miocene)
- Serie dei Complessi Cristallini del Rilievo Alpino

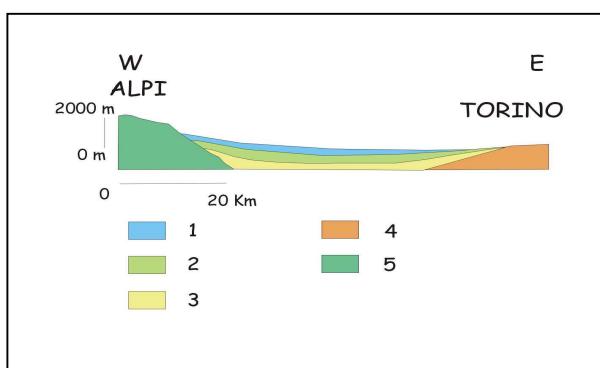
### Hydrogeological complexes

On the basis of their permeability, geological media in Piedmont region can be differentiated as unconsolidated deposits, fractured rocks and karst rocks (karst limestone and dolomite and karst gypsum).

Geo hydrological characteristics allow the grouping of these rocks to form Hydrogeological Series, subdivided into one or more Hydrogeological Complexes.

Based on the genesis and the age of rocks, the following six Hydrogeological Series (in age order) can be identified:

- continental deposits Series (Holocene – Lower Pleistocene)
- transitional deposits Series (Lower Pleistocene – Middle Pliocene)
- Pliocene marine deposits Series (Pliocene)
- Pre-Pliocene deposit Series of Tertiary Piedmont Basin (Lower Pliocene – Oligocene)
- Alpine and Apennine Sedimentary Complexes Series (pre-Miocene)
- Alpine Crystalline Rocks Complexes Series



Sezione litostriatigrafica schematica: 1) sedimenti alluvionali grossolani del Quaternario superiore, ospitanti una falda a superficie libera; 2) sequenze del Villafanchiano, contenenti un sistema multifalde in pressione; 3) depositi sabbiosi marini del Pliocene in facies astiana, contenenti una falda idrica in pressione; 4) depositi marini prepliocenici, a prevalente composizione fine, impermeabili o localmente permeabili per fessurazione; 5) rocce cristalline impermeabili o poco permeabili per fessurazione.

Schematic lithostratigraphic cross section: 1) Upper Quaternary coarse sediments, representing an unconfined aquifer; 2) Villafranchian multi-layered confined aquifer; 3) Pliocene marine sands ("Astian facies"), representing a pressured aquifer; 4) pre-Pliocene essentially clayey marine sediments (no permeability or locally low fissure permeability); 5) crystalline rocks (no permeability or low fissure permeability).

### Allegati:

- Carte dei complessi idrogeologici della Regione Piemonte alla scala 1:250.000 e delle singole province alla scala 1:100.000.

## PIEZOMETRIA DELLA FALDA SUPERFICIALE

La carta piezometrica relativa alla falda superficiale è stata realizzata utilizzando i dati pervenuti dalla Rete di Monitoraggio automatico della Regione Piemonte e i dati provenienti dall'Archivio del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino; nel periodo giugno-luglio 2002 è stata inoltre svolta una campagna piezometrica su 315 punti d'acqua relativi all'acquifero superficiale omogeneamente distribuiti sul territorio della pianura piemontese.

Queste informazioni hanno avuto la duplice funzione di controllo e validazione dei dati piezometrici precedentemente rilevati e di integrazione nelle zone in cui le informazioni relative al livello della falda superficiale risultavano insufficienti. In questo modo si è ottenuto un database con un numero di valori piezometrici adeguato alla realizzazione della carta piezometrica a scala 1:100.000.

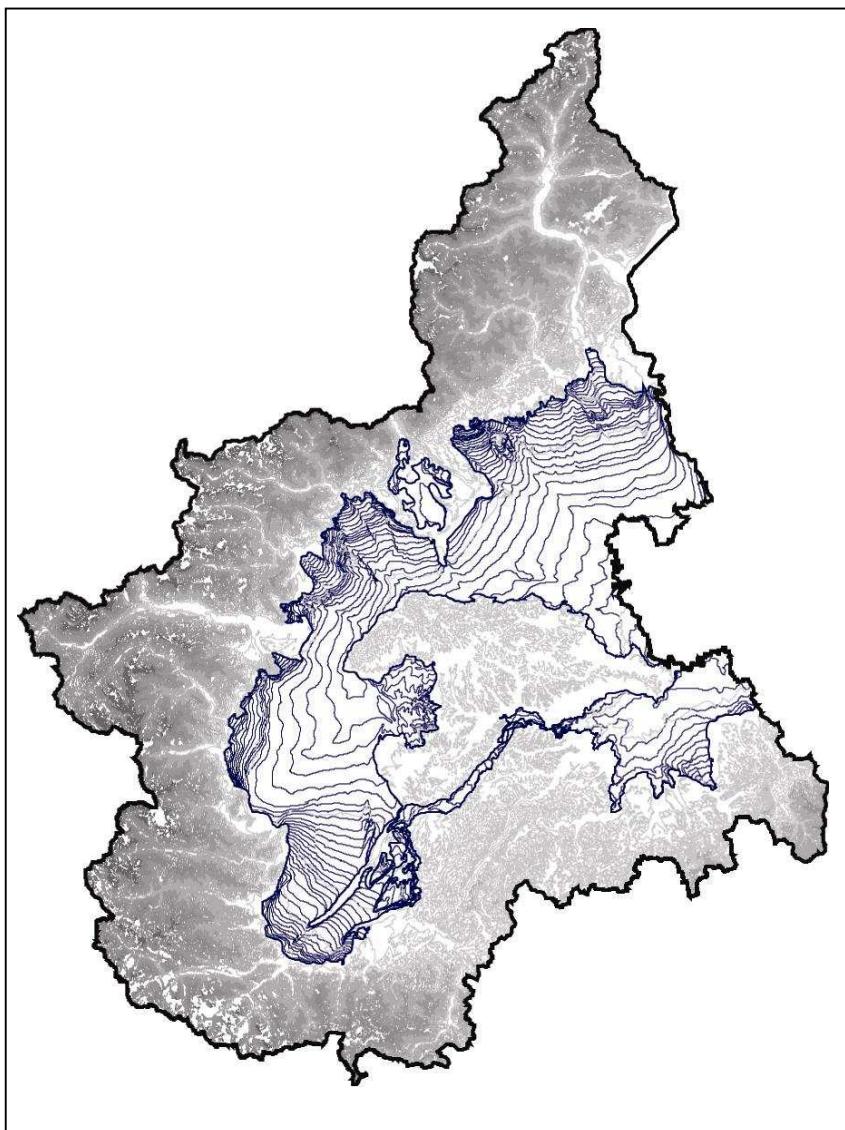
Le isopiezometriche sono state tracciate manualmente tenendo conto di diversi fattori di controllo:

- le quote topografiche ricavate dal Modello Digitale di Elevazione del Terreno con griglia 50×50 metri, in modo da controllare che la superficie piezometrica fosse sempre inferiore alla superficie del piano campagna
- la coerenza con i limiti geologici e gli elementi geomorfologici
- la correlazione con la rete idrica superficiale
- la coerenza della carta piezometrica finale con i valori di soggiacenza relativi in corrispondenza dei vari punti d'acqua

L'elaborazione dei dati è stata effettuata in ambiente GIS utilizzando come spaziatura una griglia di 30 metri di lato.

In questo modo, è stato realizzato un layer di elaborazione per la quota topografica ed un secondo per il livello piezometrico.

Il layer di elaborazione dei valori di soggiacenza è stato, quindi, ottenuto come differenza tra topografia e piezometria. La soggiacenza è stata quindi cartografata secondo le seguenti classi di valori reali.



Carta delle isopiezometriche della falda superficiale (cfr. CD-ROM - allegato II.1)  
Water table map (see CD-ROM - allegato II.1)

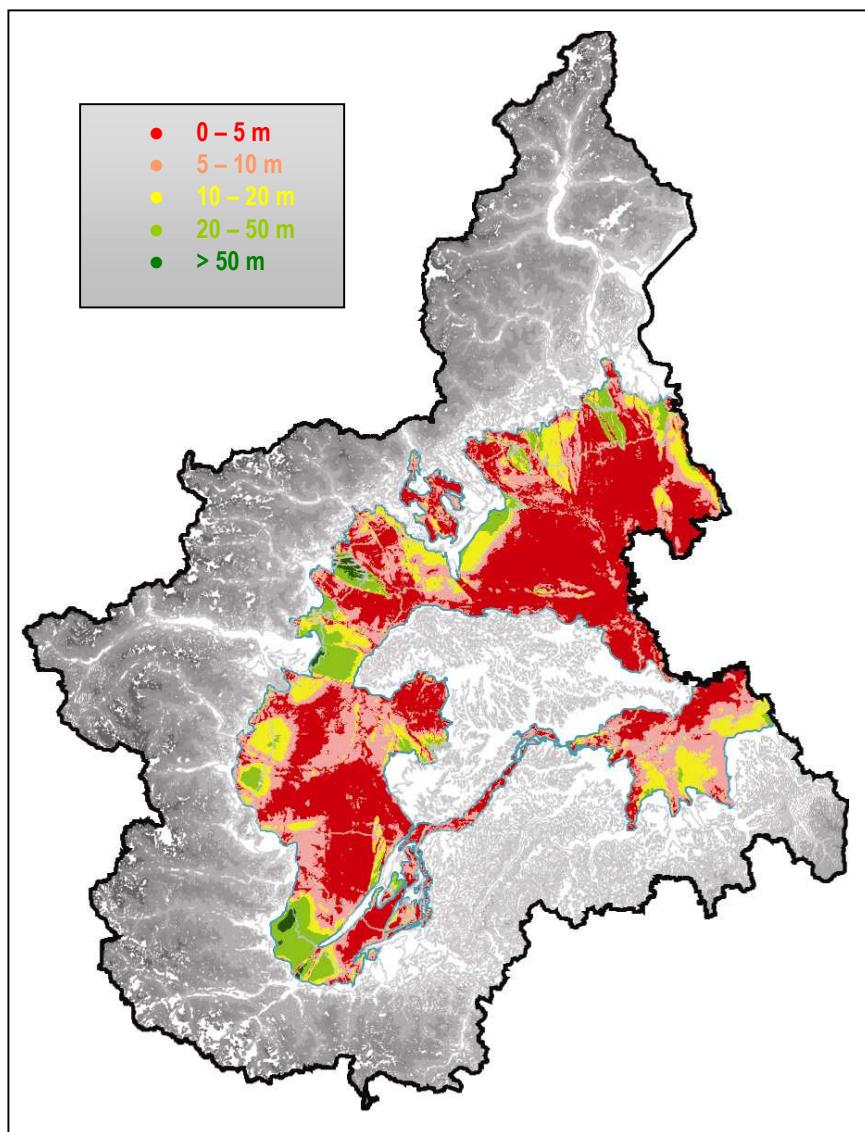
#### **Water table and depth to groundwater**

In June-July 2002, water level measurements of the unconfined aquifer have been carried out by wells and piezometers homogenously distributed in the Piedmont plain. Such data, together with geographical and technical data, and integrated with those of the Piedmont Region monitoring network, have constituted a database wide enough to process a 1 to 100,000 scale piezometric map.

The isopiezometric lines have been drawn by hand. A topographic control has been obtained from a Digital Elevation Model with a resolution of 50 meters. The congruence of the water table with geological and geomorphologic data has been verified. The relations between the groundwater and the superficial water bodies have been taken into account. At last, the piezometric map was compared again with the measured depth to groundwater.

Afterwards, water level data have been processed by means of computer interpolating methods in order to form a grid with a 30 meters cell size.

GIS application has allowed to subtract the groundwater levels grid from a similar grid of Digital Elevation Model to obtain the values of depth to groundwater table successively divided into 5 classes and visualized in the map below.



Carta della soggiacenza della falda superficiale (cfr. CD-ROM - allegato II.2)  
Depth to groundwater map (see CD-ROM - allegato II.2)

#### **Allegati:**

- Carte delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relative al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:250.000 e delle singole province alla scala 1:100.000.
- Carte della soggiacenza della falda idrica a superficie libera relative al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:250.000 e delle singole province alla scala 1:100.000.

## CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE E DI PERMEABILITÀ DELLA ZONA NON SATURA

### Composizione granulometrica della zona non satura

L'insieme di dati e delle informazioni litologiche relative alla zona non satura è stato ricostruito a partire dai dati puntuali riconducibili alle stratigrafie di perforazioni, condotte per diversi fini.

Sono state scelte e utilizzate circa 2000 stratigrafie, caratterizzate da una profondità maggiore o uguale allo spessore della zona non satura. I terreni individuati da tali stratigrafie sono stati raggruppati in classi litologiche e per ogni dato stratigrafico utilizzato si sono normalizzate le diverse litologie presenti e se ne sono determinati i singoli spessori.

### Spessori dei litotipi impermeabili nella zona non satura

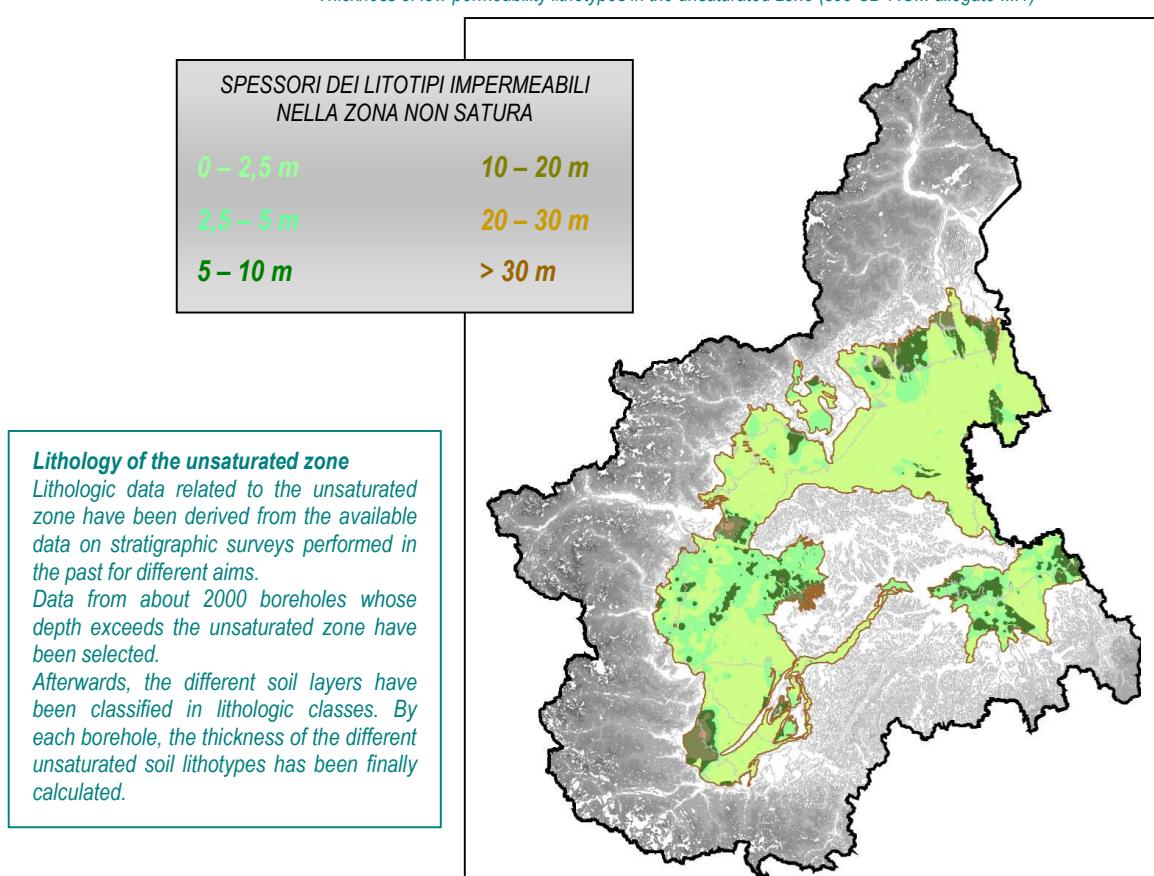
Sono stati definiti come "litotipi impermeabili" i materiali fini o cementati caratterizzati da una permeabilità sufficientemente bassa da costituire un significativo impedimento al movimento dell'acqua di infiltrazione attraverso la zona non satura.

Per la realizzazione della relativa cartografia sono stati considerati come materiali a bassa permeabilità i seguenti litotipi:

- argille, argille limose, argille sabbiose
- limi, limi argillosi, limi sabbiosi
- arenarie e conglomerati non fessurati
- marne

In corrispondenza di ogni stratigrafia, lo spessore dei litotipi impermeabili della zona non satura è stato ricavato dalla somma dei livelli delle litologie sopra riportate, elaborandolo secondo un metodo di interpolazione statistica.

*Carta degli spessori dei litotipi impermeabili nella zona non satura (cfr. CD-ROM - allegato III.1)  
Thickness of low-permeability lithotypes in the unsaturated zone (see CD-ROM allegato III.1)*



### ***Thickness of low-permeability lithotypes***

Low-permeability lithotypes are represented by fine or cemented deposits characterised by a permeability low enough to make the water movement through the unsaturated zone practically negligible.

In the study the following low-permeability lithotypes have been identified:

- clay, silty clay, sandy clay
- silt, clayey silt, sandy silt
- sandstone, conglomerate
- marl

For each stratigraphy, the thickness of unsaturated non-permeable lithotypes has been calculated.

A map representing the thickness of the low-permeability lithotypes in the Piedmont plain unsaturated zone has been realized by using a statistical interpolating method.

### Permeabilità prevalente della zona non satura

Tale tematismo si basa, come parametro di riferimento, sulla conducibilità idraulica equivalente verticale (Kz) della zona non satura.

I terreni individuati dalle circa 2000 stratigrafie della zona non satura, sono stati raggruppati in classi litologiche e a ciascuna di esse è stato assegnato un valore di conducibilità idraulica ricavato dalla letteratura.

La conducibilità idraulica equivalente verticale è stata calcolata considerando lo spessore della zona non satura diviso per la sommatoria dei rapporti tra lo spessore di ogni singolo livello litologico presente all'interno della zona non satura e la propria conducibilità idraulica.

In questo modo si sono ottenuti circa 2000 dati puntuali di conducibilità idraulica equivalente verticali che sono stati poi interpolati secondo un metodo statistico, al fine di ottenere la relativa cartografia.

#### **Mean permeability of the unsaturated zone**

*In this context, the equivalent vertical hydraulic conductivity (Kz) of the unsaturated zone has been considered as representative of the unsaturated zone mean permeability.*

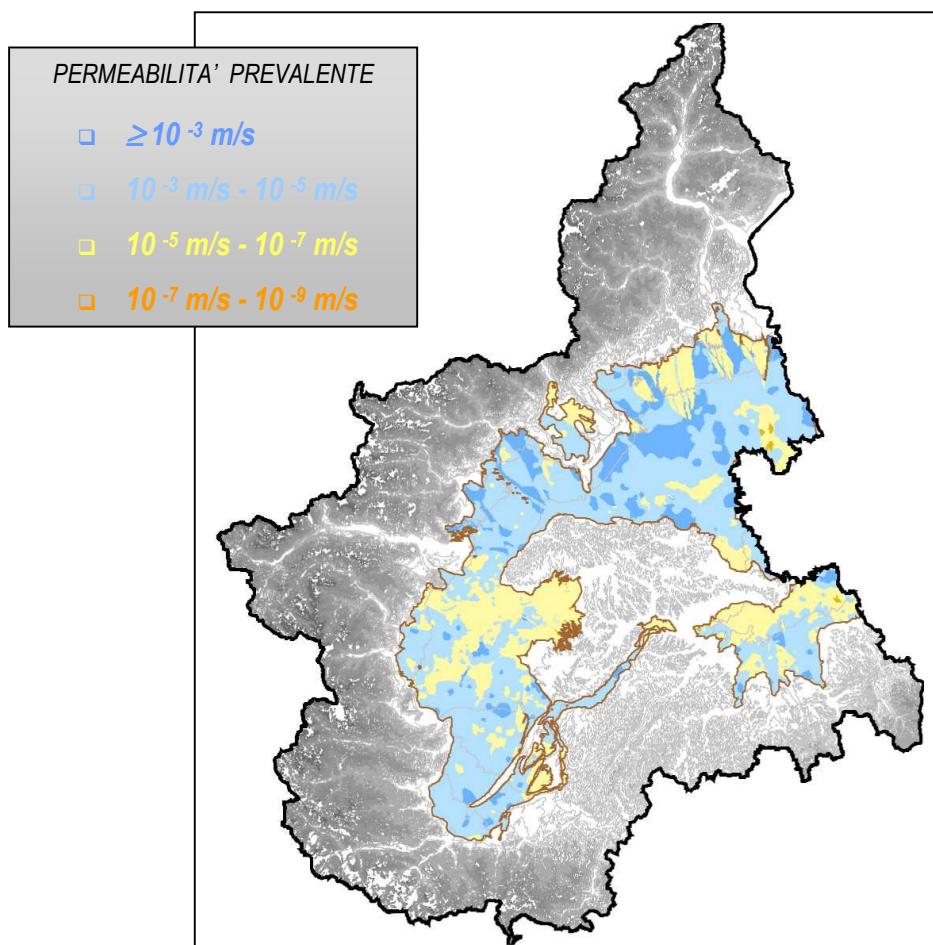
*The soils individuated by the 2000 surveys, were grouped in lithologic classes whose hydraulic conductivity was assigned on the basis of literature data.*

*The equivalent vertical hydraulic conductivity (Kz) has been calculated by dividing the thickness of the unsaturated zone by the sum of the ratios between the thickness of each layer and its hydraulic conductivity.*

*The resulting 2000 data of equivalent vertical hydraulic conductivity in the unsaturated zone, have been finally interpolated in order to obtain a relative thematic map.*

#### Allegati:

- *Carte degli spessori dei litotipi impermeabili nella zona non satura relative al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:250.000 e delle singole province alla scala 1:100.000*
- *Carte della permeabilità prevalente della zona non satura relative al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:250.000 e delle singole province alla scala 1:100.000*



*Carta della permeabilità prevalente della zona non satura (cfr. CD-ROM - allegato III.2)  
Unsaturated zone mean permeability map (see CD-ROM - allegato III.2)*

## LA VULNERABILITÀ INTRINSECA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE VALUTATA CON I METODI G.O.D. (FOSTER ET AL., 2002) E TIME OF TRAVEL

Carta della vulnerabilità intrinseca (G.O.D.) (cfr. CD-ROM - allegato IV.1)  
*Intrinsic vulnerability map according to G.O.D method (see CD-ROM - allegato IV.1)*

### Metodo G.O.D., (Foster et al., 2002)

Il metodo G.O.D. (acronimo di Groundwater confinement, Overlying strata, Depth to groundwater table), inizialmente proposto da Foster nel 1987, viene utilizzato nel presente studio secondo una versione più recente, messa a punto da Foster et al. nel 2002.

Tale metodo valuta la vulnerabilità intrinseca di un acquifero come il prodotto dei seguenti fattori:

**G** = grado di confinamento dell'acquifero.

**O** = caratteristiche litologiche e grado di coesione delle rocce della zona non satura (per gli acquiferi non confinati) e dei livelli confinanti al tetto (per gli acquiferi confinati).

**D** = soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato o tetto dell'acquifero per gli acquiferi confinati.

Per quanto concerne il grado di confinamento (**G**), è possibile scegliere tra sei classi alle quali vengono attribuiti punteggi variabili tra 0 e 1.

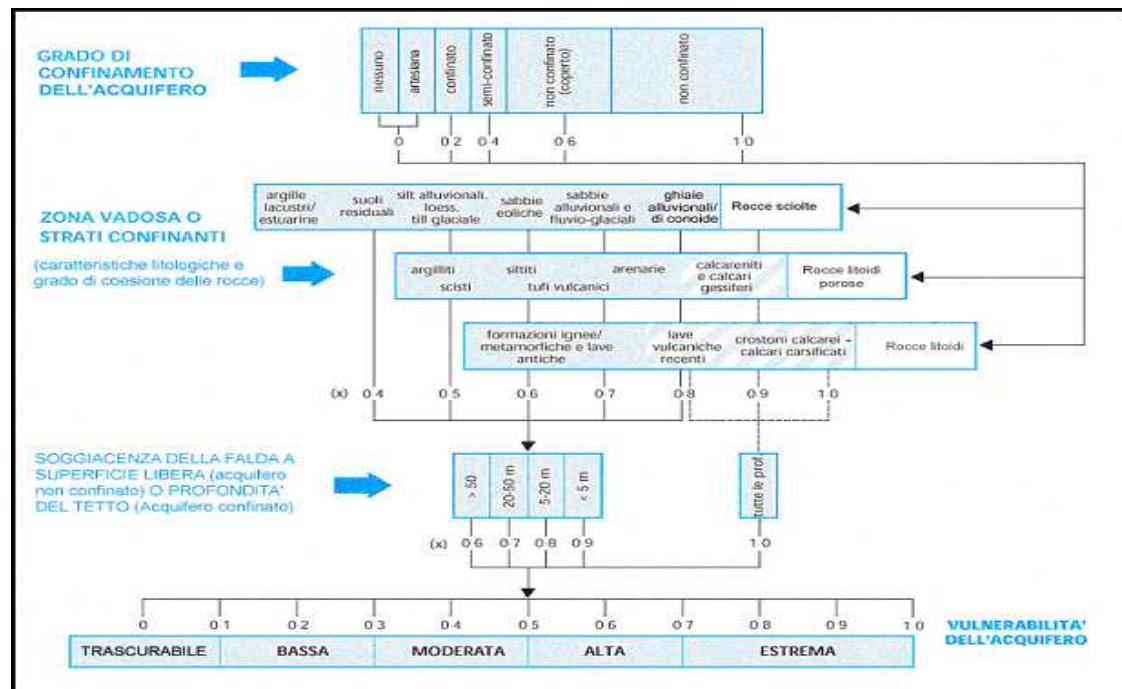
Alle caratteristiche litologiche e allo stato di coesione delle rocce della zona non satura, per gli acquiferi non confinati, o degli strati confinanti, per gli acquiferi in pressione, (**O**) compete un punteggio variabile tra 0,4 e 1.

Al termine soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato, e alla profondità del tetto dell'acquifero, per gli acquiferi confinati (**D**), può essere assegnato, infine, un punteggio compreso tra 0,6 e 1.

La vulnerabilità intrinseca è valutata come il prodotto dei tre indici numerici corrispondenti ai parametri suddetti:

$$\text{Indice G.O.D.} = G \times O \times D$$

Tale valore può essere compreso tra 0 e 1 e corrisponde a sei gradi di vulnerabilità individuati dagli autori.



Metodo empirico G.O.D. per una valutazione rapida della vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento (Foster e Hirata, 2002)  
*Empiric G.O.D method for a fast aquifer vulnerability assessment (Foster & Hirata, 2002)*

#### **Aquifer vulnerability assessment according to G.O.D method, (Foster et al., 2002)**

The G.O.D (Groundwater confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table) method for aquifer vulnerability assessment was proposed by Forster in 1987. In the present work, an updated version (Forster et al., 2002) has been used. The method evaluates the aquifer intrinsic vulnerability as a function of the following three parameters:

**G**: degree of groundwater confinement,

**O**: lithologic characteristic and degree of rock cohesion of the unsaturated zone (for unconfined aquifer) or of the overlying strata (for confined aquifer)

**D**: depth to groundwater table of the unconfined aquifer or top of the confined aquifer

The degree of confinement (**G**), whose values range from 0 to 1, can be chosen between six classes.

The lithologic characteristic and the degree of rock cohesion of the unsaturated zone (or of the upper confining layer, in case of confined aquifer) (**O**) can range from 0.4 to 1.

Finally, values between 0.6 and 1 can be assigned to the parameter **D** for both unconfined or confined aquifers.

The intrinsic vulnerability index will then be calculated by multiplying among them the values of each parameter:

$$\text{G.O.D. index} = G \times O \times D$$

On the basis of the G.O.D. index, the aquifer vulnerability is assigned according to the six degrees of vulnerability level listed by the authors.

Carta del tempo di arrivo di un inquinante idrotrasportato (T.O.T.) (cfr. CD-ROM - allegato IV.2)  
Time of arrival of a water-carried pollutant (Time of Travel method) (see CD-ROM - allegato IV.2)

#### Metodo del tempo di arrivo di un inquinante idrotrasportato (Time Of Travel)

Il metodo del tempo di arrivo T.O.T. (acronimo di Time Of Travel) è stato elaborato alla fine degli anni Settanta da una Commissione della Comunità Europea (Commission of European Community - Division XI) nell'ambito di un Programma di Ricerca avente come obiettivo la cartografia della qualità delle risorse idriche.

Tale metodologia si basa sulla valutazione del tempo impiegato da un inquinante, con un comportamento simile all'acqua, a percorrere la distanza tra la superficie del suolo e la falda idrica sotterranea.

Si applica, quindi, ad ogni strato della zona non satura la relazione:

$$t = b n_e / K i$$

dove:

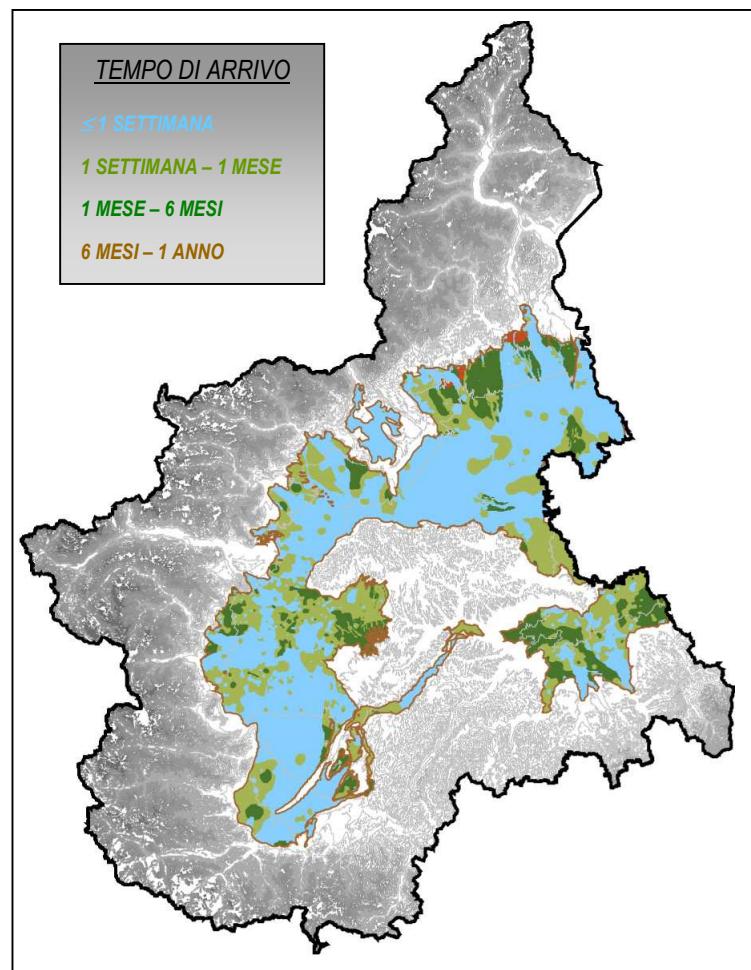
$t$  = tempo

$b$  = spessore dello strato

$n_e$  = porosità efficace

$K$  = conducibilità idraulica

$i$  = gradiente idraulico



Il tempo di arrivo in falda è calcolato assumendo le massime condizioni di sicurezza nella valutazione della vulnerabilità, cioè saturazione della zona non satura e gradiente idraulico unitario ( $i = 1$ ).

Dati questi presupposti per l'applicazione del modello, ne consegue che il tempo totale di transito è pari alla sommatoria del tempo necessario per attraversare tutti i livelli presenti nel non sastro:

$$t_{\text{tot}} = \sum b n_e / K$$

**Aquifer vulnerability assessment by the time of arrival of a water-carried pollutant (Time Of Travel method)**  
TOT (acronym of Time Of Travel) method was developed in the late Seventies by the Division XI of the European Community's Commission under a research project aimed at mapping the water resources quality.  
The method is based on the evaluation of the time taken by a pollutant, physically and chemically behaving like the water, to cover the distance between the ground surface and the upper boundary of the aquifer.  
This time is calculated by applying to each layer of the unsaturated zone the following relationship:

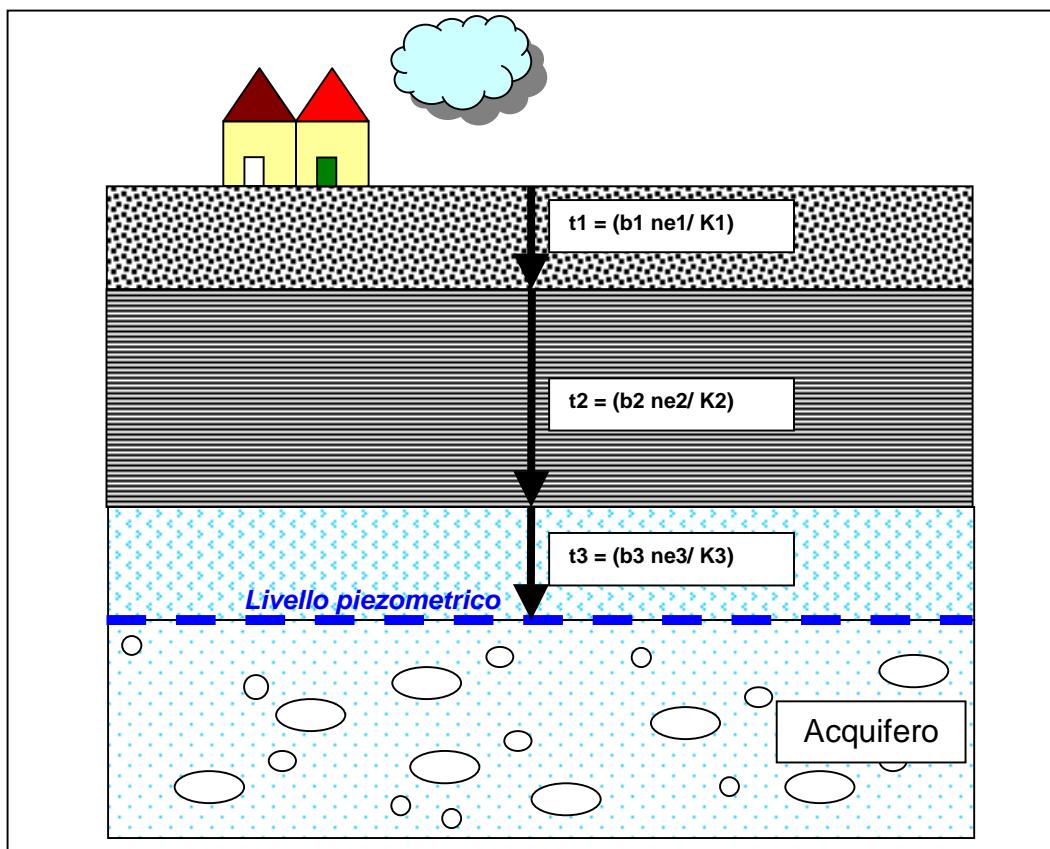
$$t = bn_e/Ki$$

where:

$t$  = time of travel through the layer  
 $b$  = thickness of the layer  
 $n_e$  = effective porosity  
 $K$ : hydraulic conductivity  
 $i$ : hydraulic gradient

The time of travel through the aquifer is calculated by assuming the highest precaution conditions in the evaluation of the vulnerability, i.e. saturation of the unsaturated zone and unit hydraulic gradient.  
Given these assumptions, it follows that the total time of travel is the summation of the times needed to cross each layer composing the unsaturated zone:

$$t_{tot} = \sum b n_e / K$$



Rappresentazione schematica del calcolo del tempo di arrivo in falda di un inquinante idrotrasportato  
Schematic cross section of the time of arrival of a water-carried pollutant

Allegati:

- Carte della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale relative al territorio di pianura della Regione Piemonte (Metodo G.O.D Foster et al., 2002) alla scala 1:250.000 e delle singole province alla scala 1:100.000
- Carte del tempo di arrivo di un inquinante idrotrasportato (Time Of Travel) relative al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:250.000 e delle singole province alla scala 1:100.000

## CARATTERISTICHE GENERALI DEGLI ACQUIFERI PROFONDI

Le acque sotterranee che saturano i sedimenti nel sottosuolo al di sotto della falda superficiale sono dette "falde profonde" ed i sedimenti che le contengono "acquiiferi profondi". La suddivisione tra l'acquiifero superficiale e l'acquiifero profondo avviene generalmente tramite livelli poco permeabili o impermeabili, solitamente di natura limosa o argillosa. Le falde profonde presentano condizioni di interconnessione variabili a seconda della continuità laterale, della geometria e dello spessore dei livelli impermeabili.

Localmente si possono presentare zone in cui la divisione tra i due acquiferi non è netta: queste zone sono comunemente costituite da notevoli spessori di depositi grossolani omogenei e sono dette zone di "acquiifero indifferenziato".

Nelle zone di acquifero indifferenziato, tuttavia, esiste una separazione tra circolazione superficiale e profonda legata a condizioni differenti di deflusso, a differente età e a differenti caratteristiche idrochimiche delle acque; generalmente le acque sotterranee profonde sono più antiche, hanno velocità inferiori e caratteristiche idrochimiche nettamente differenti rispetto alle acque più superficiali.

### **General features of deep aquifers**

*Aquifers occurring below the superficial aquifer are called "deep aquifers" and consequently the groundwater flowing in them is called "deep groundwater". The separation between superficial aquifer and deep ones is generally due to aquiclude or aquitards, generally represented by soil layers rich in clay or silt. Deep aquifers are interconnected among them at different degree, depending on the geometry, thickness and lateral continuity of the alternating low permeability soil layers.*

*It has to be noted that locally the subdivision between superficial and deep aquifers could be not so clear-cut. Large thickness of coarse sediments can form a lithologically "undifferentiated aquifer". In such cases it is anyway possible to distinguish a shallow groundwater circulation from a deeper one on the basis of differences in flow conditions and in the age and chemistry of water. In general, deep groundwater is older than the shallow groundwater and its flux is slower than the superficial one.*

### Allegati:

- Carta delle portate specifiche e ubicazione dei pozzi ad uso acquedottistici alla scala 1:500.000
- Carta della percentuale e degli spessori dei litotipi permeabili, semipermeabili, impermeabili alla profondità di 0-50 metri dal piano campagna alla scala 1: 500.000
- Carta della percentuale e degli spessori dei litotipi permeabili, semipermeabili e impermeabili da 50 a 100 metri di profondità dal piano campagna alla scala 1: 500.000
- Carta della percentuale e degli spessori dei litotipi permeabili, semipermeabili e impermeabili da 100 a 150 metri di profondità dal piano campagna alla scala 1: 500.000
- Carta della percentuale e degli spessori dei litotipi impermeabili a profondità crescente dal piano campagna (0-50, 50-100, 100-150 m dal p.c.) alla scala 1: 500.000
- Carta della percentuale e degli spessori dei litotipi permeabili, semipermeabili, impermeabili alla profondità di 0-50 metri dalla base dell'acquiifero superficiale alla scala 1: 500.000
- Carta della percentuale e degli spessori dei litotipi permeabili, semipermeabili e impermeabili da 50 a 100 metri di profondità dalla base dell'acquiifero superficiale alla scala 1: 500.000
- Carta della percentuale e degli spessori dei litotipi impermeabili da 0 a 100 metri di profondità dalla base dell'acquiifero superficiale alla scala 1: 500.000

## CRITERI PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE PRINCIPALI AREE DI RICARICA E PRIMA INDIVIDUAZIONE

E' stata realizzata una prima individuazione delle potenziali aree di ricarica degli acquiferi profondi basandosi:

- sulla posizione altimetrica
- sulle carte piezometriche della falda superficiale
- sulla distribuzione dei depositi più grossolani ed in particolare degli apici delle conoidi fluviali e fluvioglaciali
- sulla distanza tra le possibili zone di ricarica e la probabile zona di drenaggio, quest'ultima generalmente rappresentata dal corso del fiume Po e del fiume Tanaro

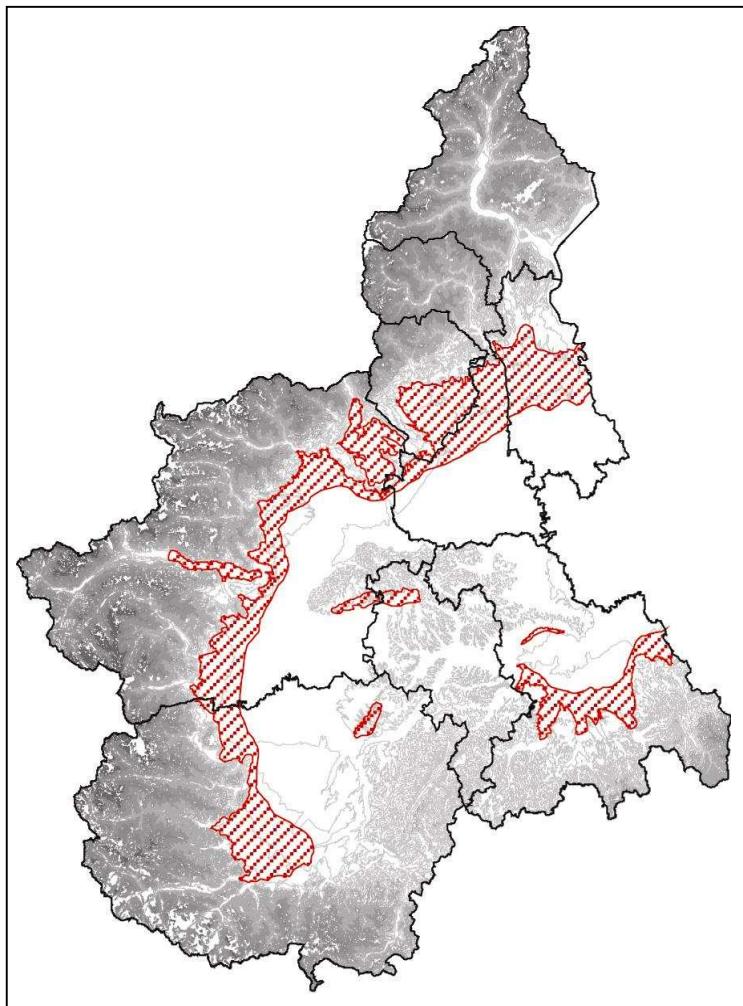
### **Criteria for the identification of the main recharge zones. Preliminary delimitation**

*A preliminary delimitation of the deep aquifers recharge zones has been carried out, taking into account the following parameters:*

- Altitude
- Piezometric map of the superficial aquifer
- Distribution of coarse deposits, in particular fluvial and glacio-fluvial fan apexes
- Relative distance between potential recharge zones and potential draining zone, this latter one being mainly represented by Po and Tanaro rivers

**Allegati:**

- *Carta dell'individuazione delle principali aree di ricarica degli acquiferi profondi della pianura piemontese alla scala 1:600.000*



*Carta dell'individuazione delle principali aree di ricarica (cfr. CD-ROM - allegato VI.1)  
Preliminary delimitation of main recharge zones (see CD-ROM – allegato VI.1)*

### **CRITERI PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE PRINCIPALI ZONE DI RISERVA E PRIMA INDIVIDUAZIONE**

L'identificazione di zone di riserva in un acquifero continuo è da intendersi come la definizione a scala regionale delle zone che in tale mezzo geologico risultino sia più produttive sia con acque pregiate dal punto di vista qualitativo, in modo da potervi ricorrere in caso di crisi idrica quali-quantitativa. La scelta di fonti alternative a captazioni che peschino nell'acquifero superficiale e che risultino temporaneamente inutilizzabili, deve essere effettuata a scala locale tenendo conto della vicinanza alla zona da rifornire, dell'uso della risorsa, della quantità e qualità di acqua necessaria, dell'interferenza di pozzi esistenti nonché dell'opportunità di utilizzare acque superficiali.

***Criteria for the identification of the main reserve zones. Preliminary delimitation***

*The identification of groundwater reserve zones consists in delimiting areas at regional level able to guarantee a good production of high quality waters in case of water scarcity or pollution. The selection of alternative water supplies, to be used when the existing aquifer captations are temporarily unserviceable, has to be locally made on the basis of the distance from the zones to supply, the water use, the quantity and quality of water required and the potential interference with existing wells also taking into account the opportunity to use surface waters as alternative resource.*

**Allegati:**

- *Carta della qualità della falda libera superficiale relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:600.000*
- *Carta della qualità delle falde idriche profonde relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:600.000*

## ELENCO DEGLI ARTICOLI CONTENUTI NEL CD-ROM

### **I. ASSETTO GEODROLOGICO DELLA REGIONE PIEMONTE**

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **II. PIEZOMETRIA DELLA FALDA SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE**

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **III. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE E DI PERMEABILITÀ DELLA ZONA NON SATURA NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE**

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **IV. LA VULNERABILITÀ INTRINSECA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE VALUTATA CON I METODI G.O.D. (FOSTER ET AL., 2002) E TIME OF TRAVEL (ZAMPETTI M., 1983) RELATIVA AL TERRITORIO DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE**

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **V. CARATTERISTICHE GENERALI DEGLI ACQUIFERI PROFONDI RELATIVI AI TERRITORI DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE**

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **VI. CRITERI PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE PRINCIPALI AREE DI RICARICA E PRIMA INDIVIDUAZIONE NELLA REGIONE PIEMONTE**

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **VII. CRITERI PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE PRINCIPALI ZONE DI RISERVA E PRIMA INDIVIDUAZIONE NELLA REGIONE PIEMONTE**

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **VIII. STUDIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA PROVINCIA DI ALESSANDRIA**

Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **IX. STUDIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA PROVINCIA DI ASTI**

Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **X. STUDIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA PROVINCIA DI BIELLA**

Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **XI. STUDIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA PROVINCIA DI CUNEO**

Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **XII. STUDIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA PROVINCIA DI NOVARA**

Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **XIII. STUDIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA PROVINCIA DI TORINO**

Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.

### **XIV. STUDIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA PROVINCIA DI VERCELLI**

Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M.