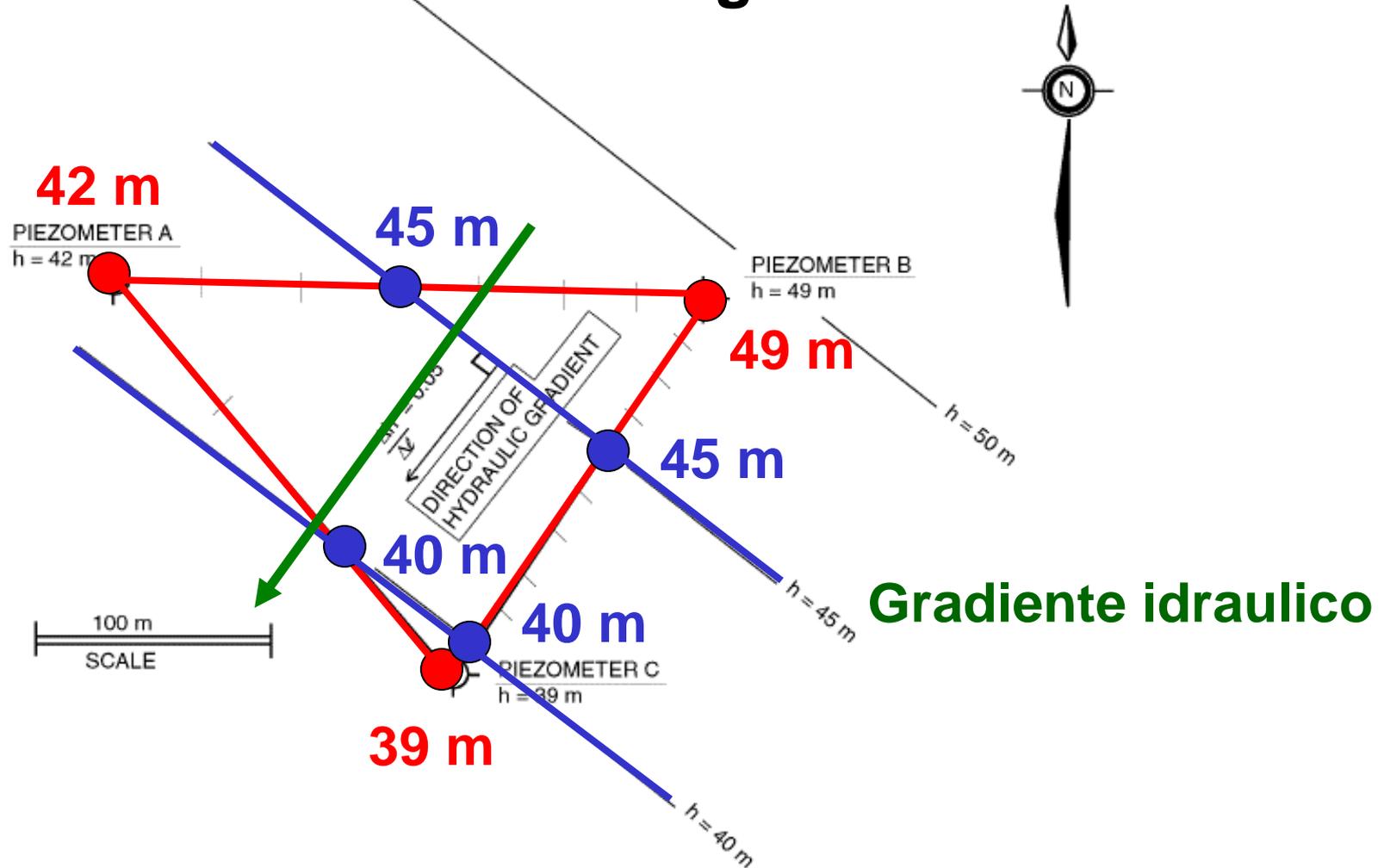
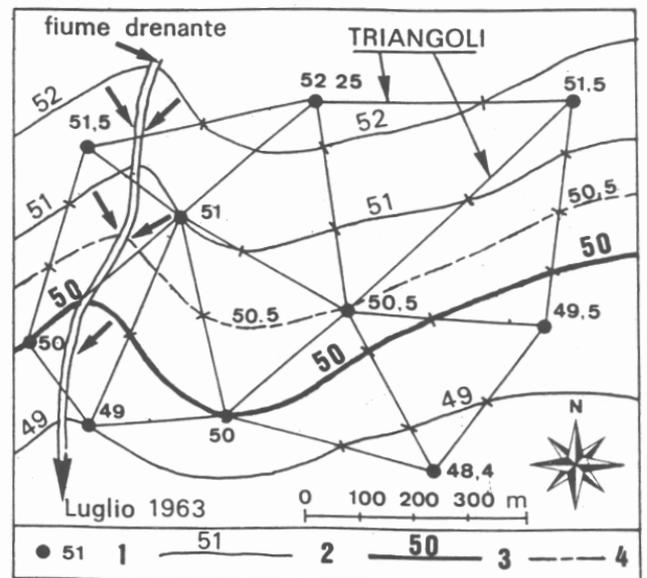
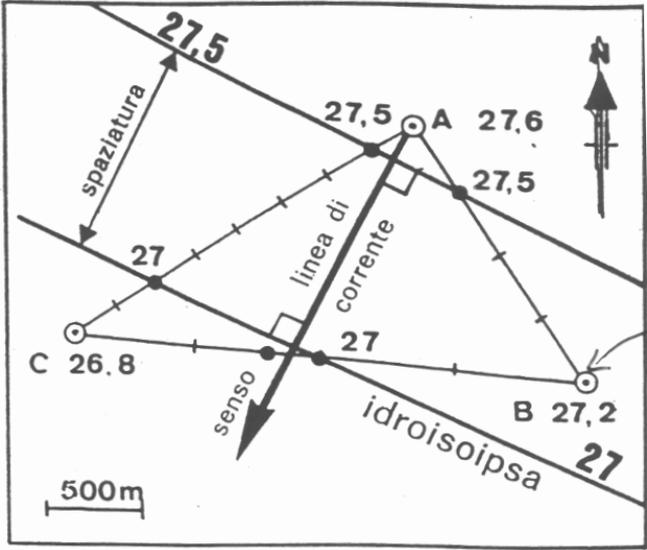


# Determinare linee di flusso da misure su pozzi

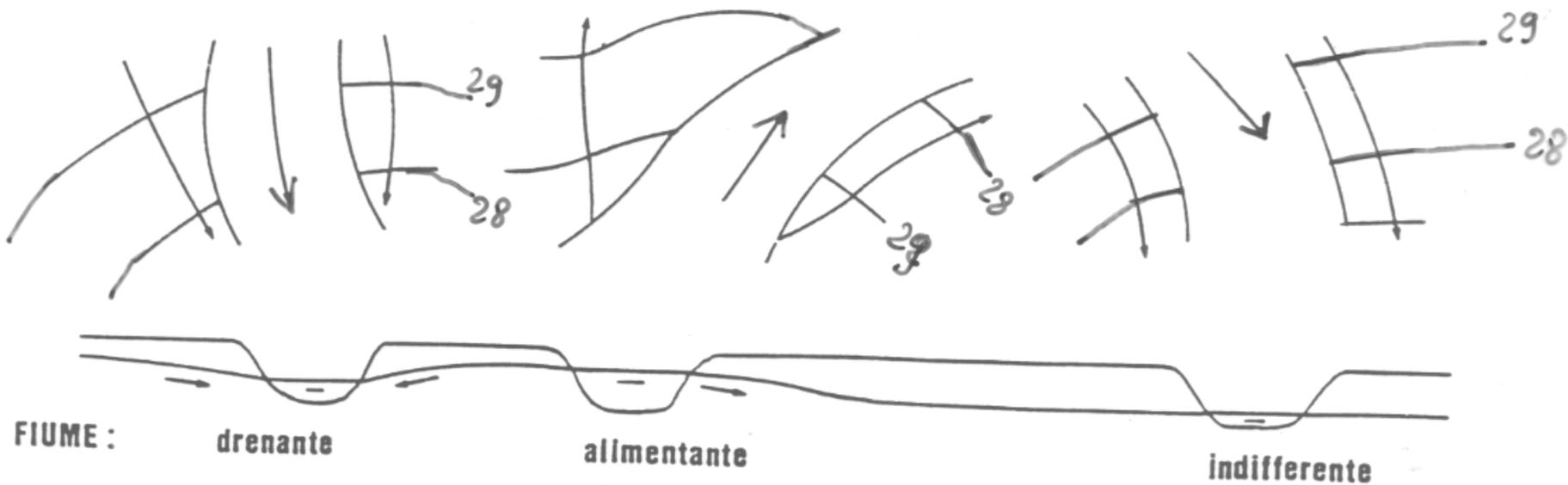
## Metodo grafico



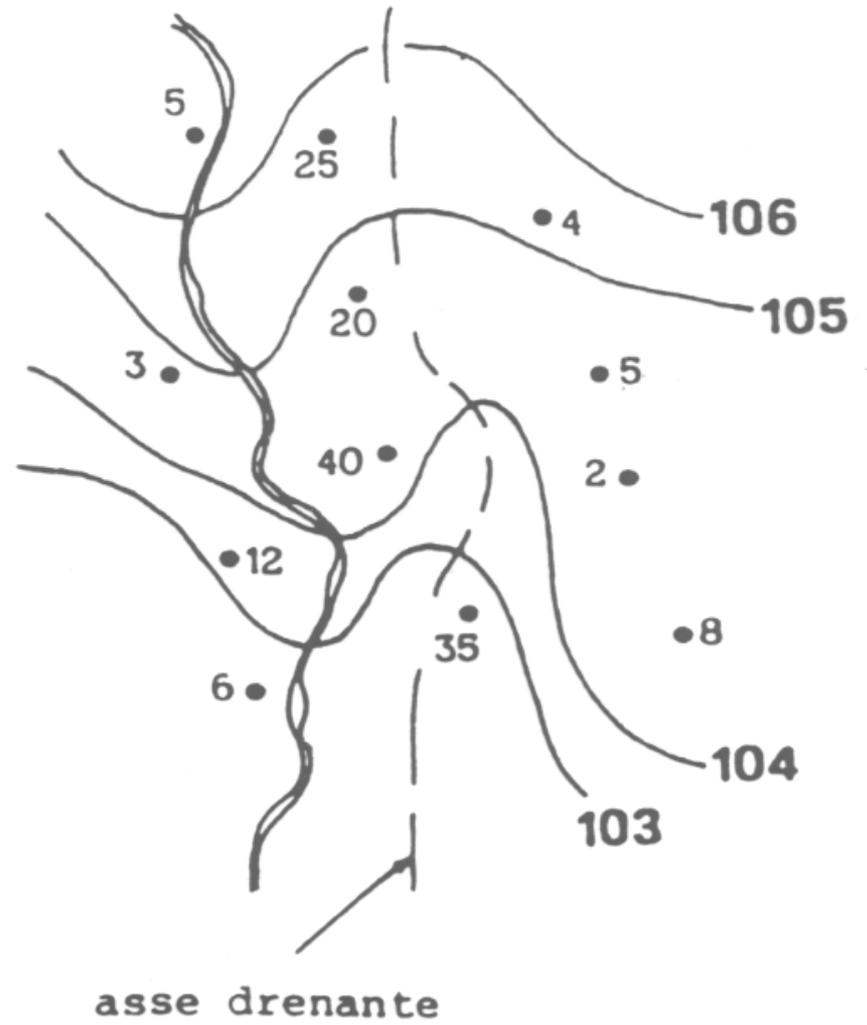
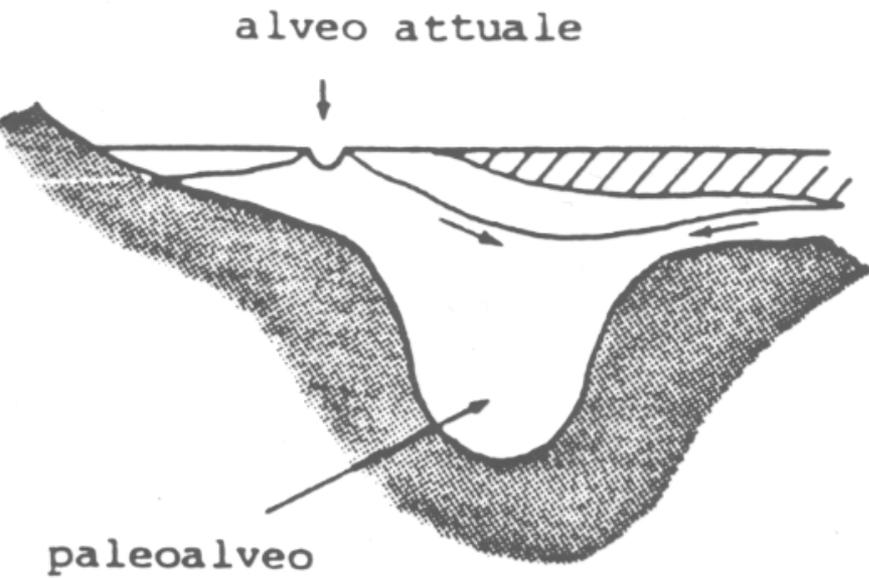
Interpolazione lineare fra punti - Triangolazione



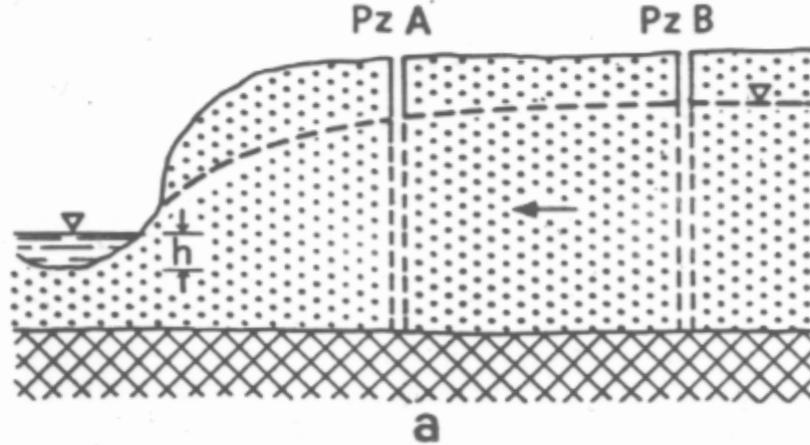
# Relazione fiume-falda in zone di pianura



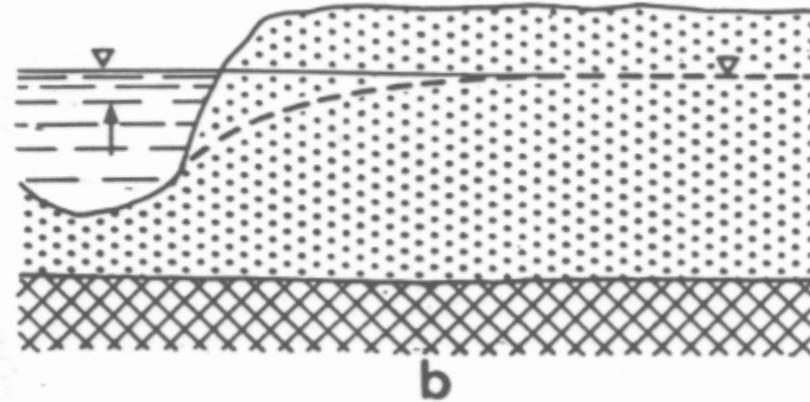
# Paleo-alvei



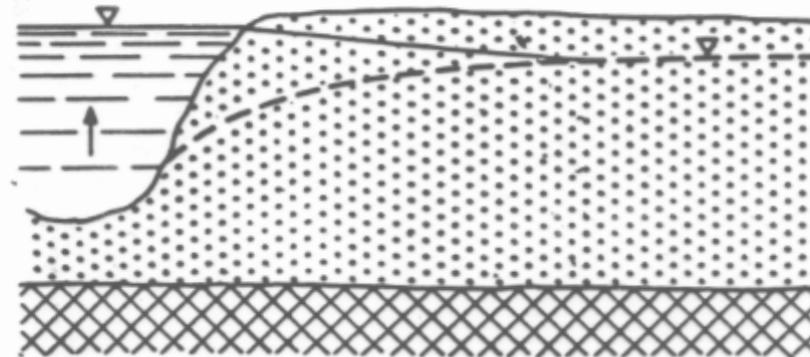
**Fiume drenante**



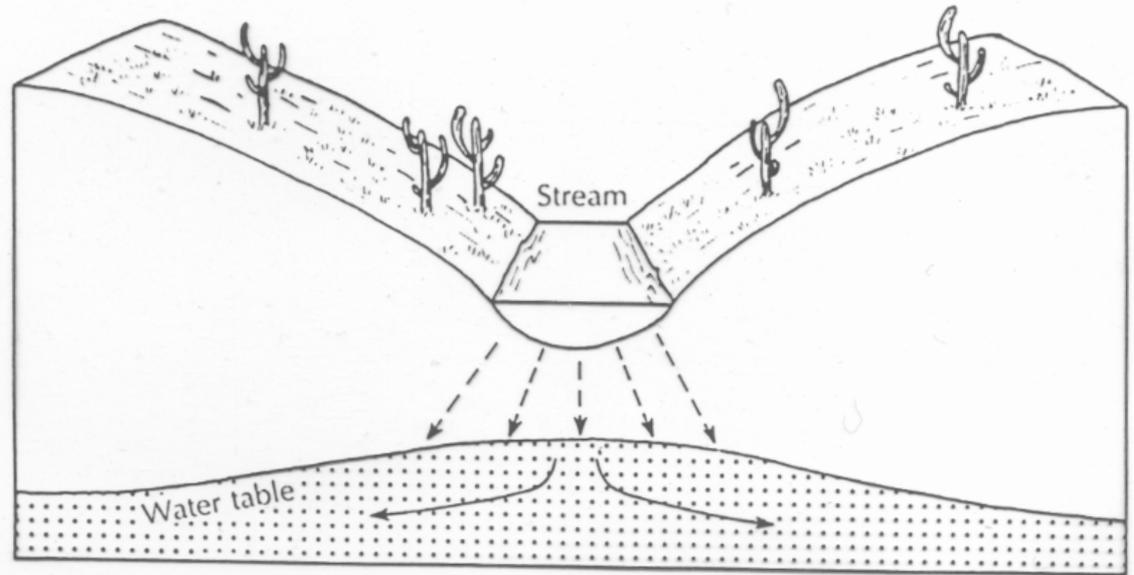
**Fiume da  
drenante  
a indifferente**



**Fiume da  
drenante ad  
alimentante**

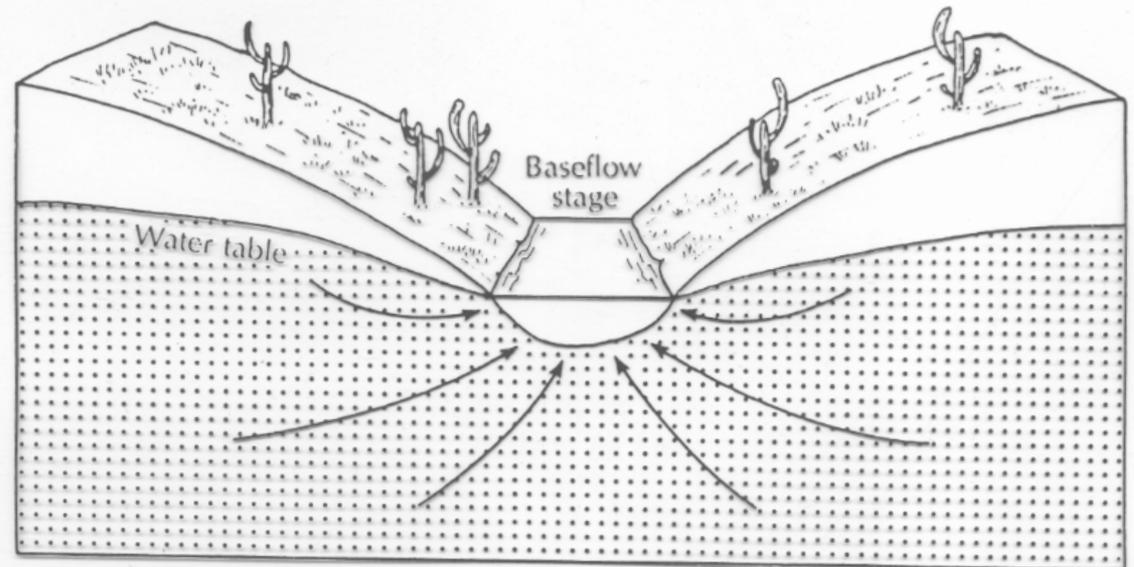


**Climi aridi:**  
**losing stream**

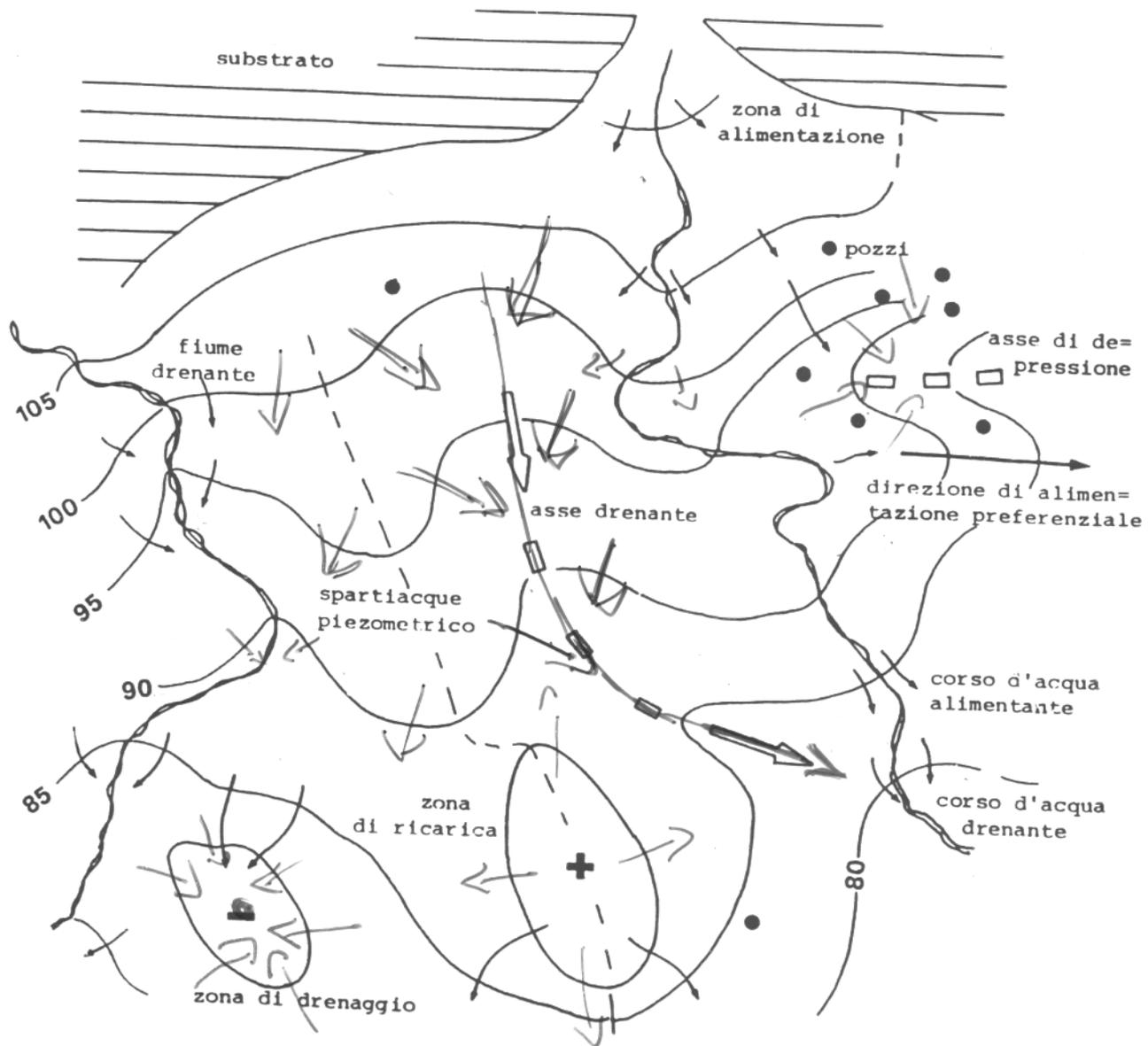


A

**Climi aridi:**  
**gaining stream**



B



# Finalità di una carta piezometrica

## ★ Direzione di flusso

- Ortogonale alle isopieze

## Gradiente idraulico ( $dh/dl$ )

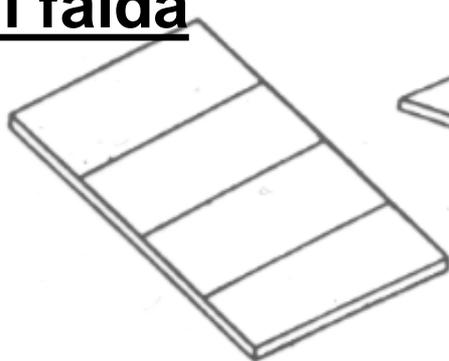
- Aumenta il gradiente, diminuisce la trasmissività o aumenta il flusso per alimentazione da monte

## ★ Portata specifica

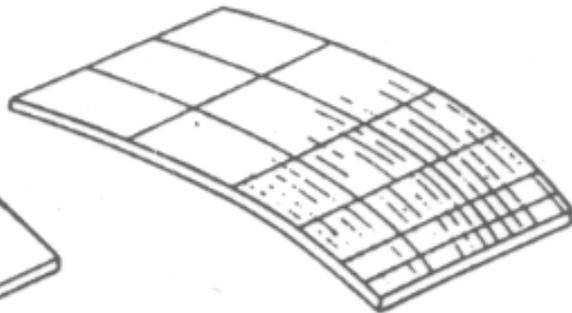
- Determinabile conoscendo  $K$  e gradiente idraulico

# Tipi di falda

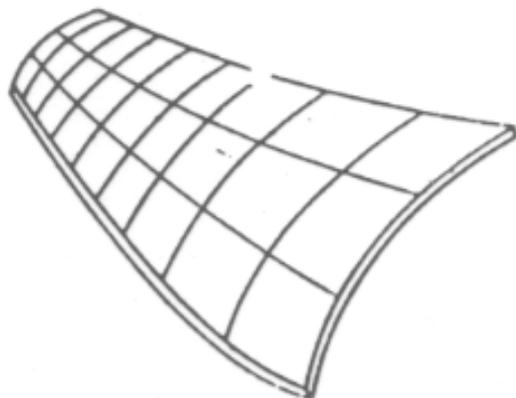
1



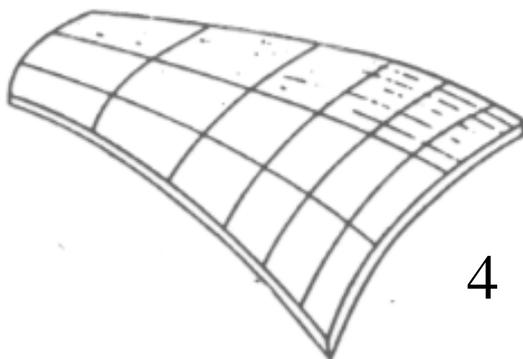
2



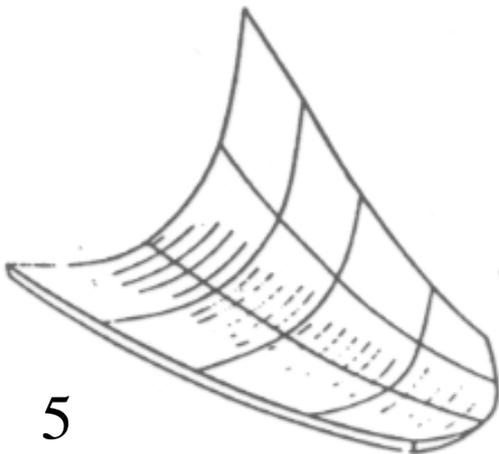
3



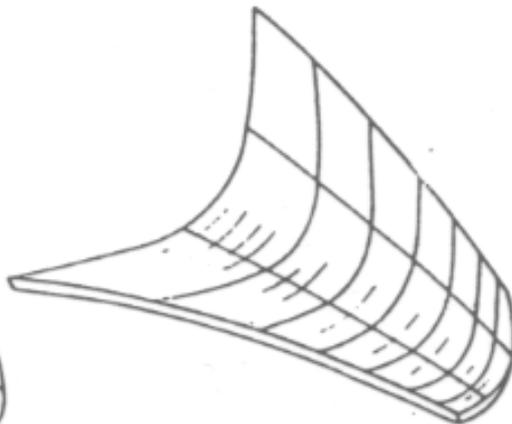
4



5



6



1 - Piatta

2 – Cilindrica

Profilo parabolico

3 – Radiale a filetti

divergenti

Profilo iperbolico

4 – Radiale a filetti

divergenti

Profilo parabolico

5 – Radiale a filetti

convergenti

Profilo iperbolico

6 – Radiale a filetti

convergenti

Profilo parabolico

**Profilo parabolico**: diminuisce T, aumenta ricarica

**Profilo iperbolico**: aumenta T

**Filetti convergenti**: asse di drenaggio a maggiore T, richiamo di acqua

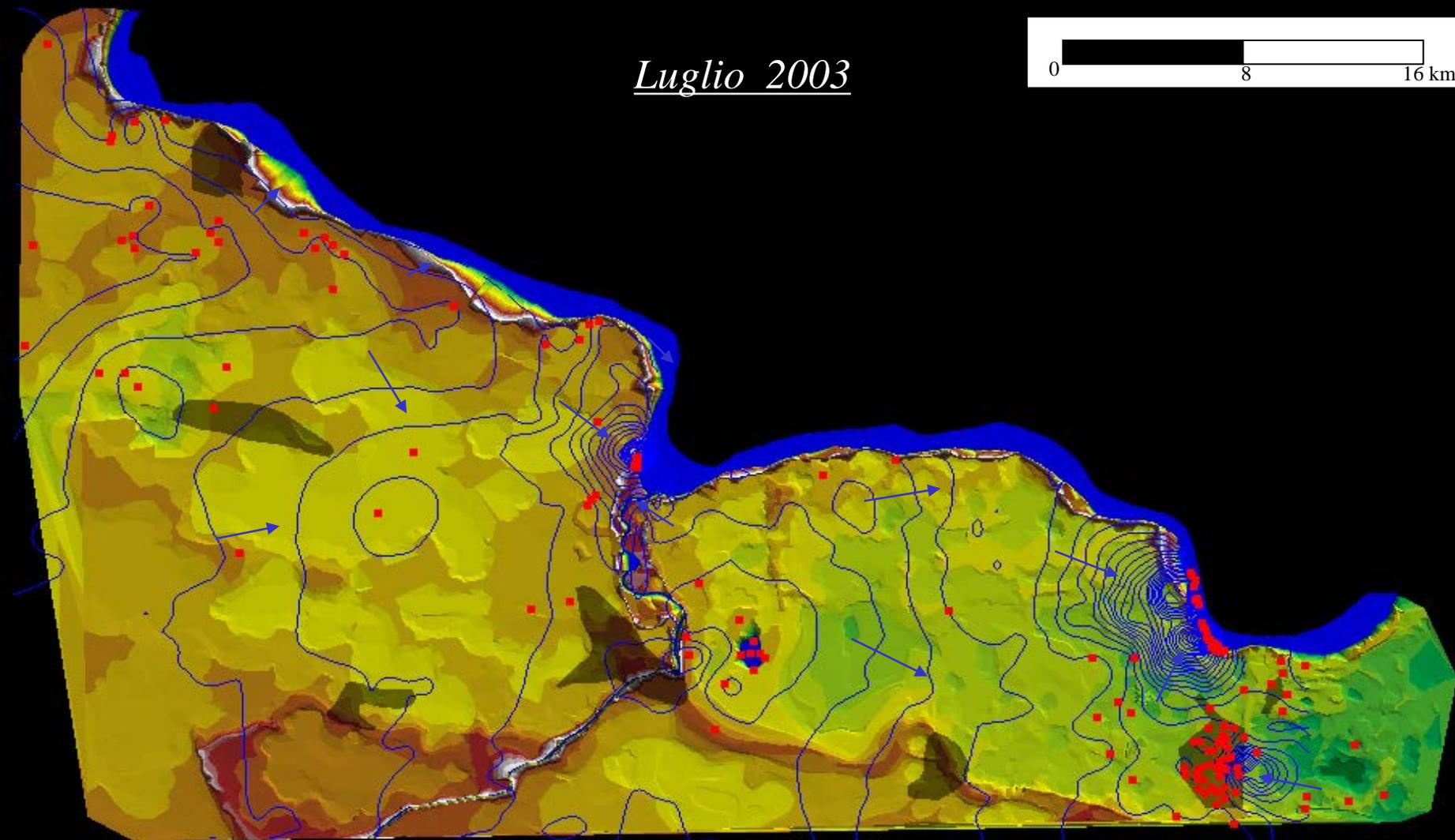
**Filetti divergenti**: spartiacque piezometrico, zona di alimentazione naturale o forzata

**Depressioni chiuse (flusso radiale centripeto)**: evapotraspirazione per falda superficiale, perdite di acqua per drenanza, pompaggi

**Risalienze chiuse (“mounds”)** (flusso radiale centrifugo): apporti naturali per drenanza inversa, ricarica artificiale, irrigazione

# Superficie piezometrica

Luglio 2003

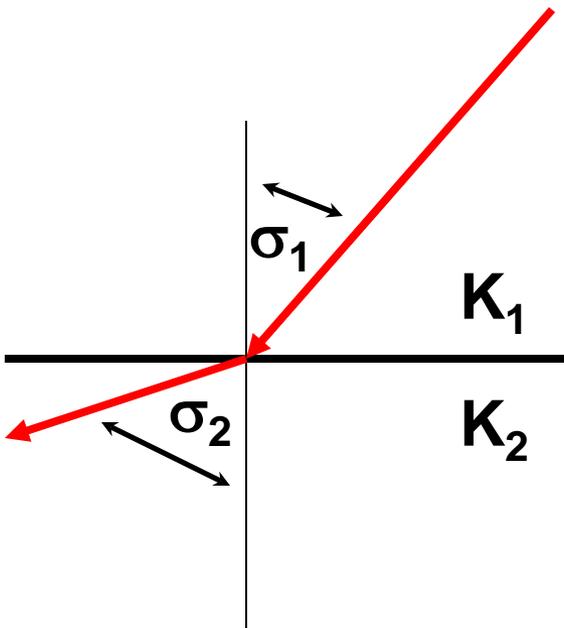


# Cosa accade quando l'acqua attraversa una interfaccia fra 2 mezzi a diversa K?

**La direzione di flusso cambia**

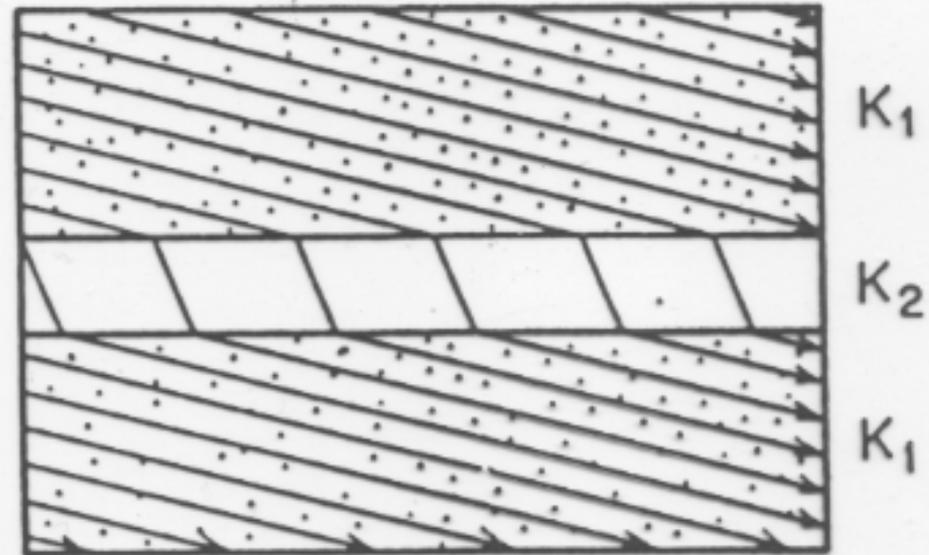
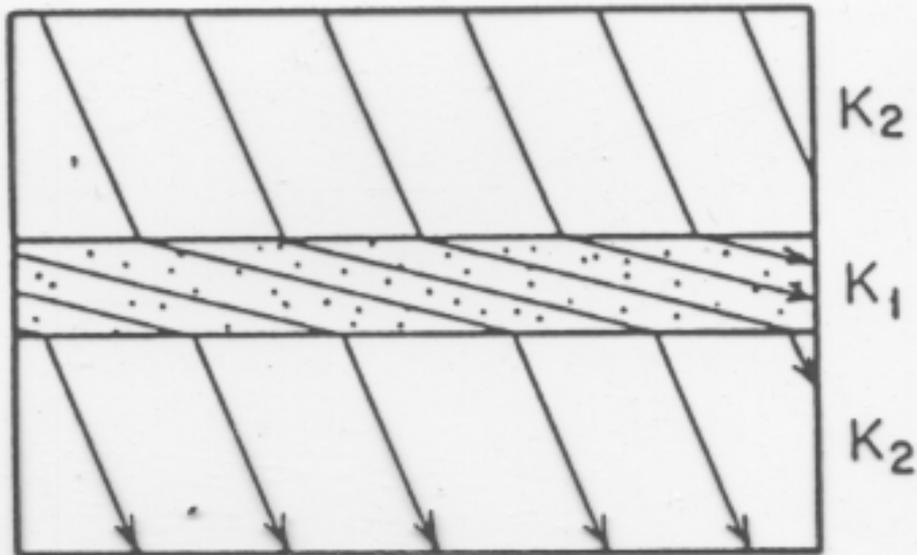
**Rifrazione delle linee di flusso**

**Legge della tangente**



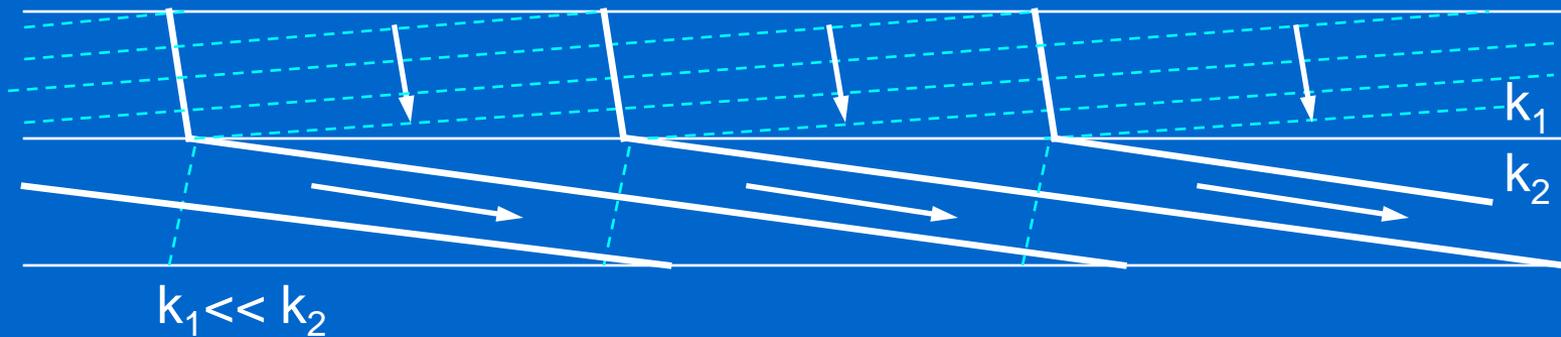
$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{\tan \sigma_1}{\tan \sigma_2}$$

## Rifrazione delle linee di flusso



$$\frac{K_1}{K_2} = 10$$

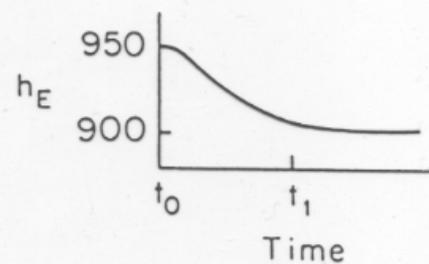
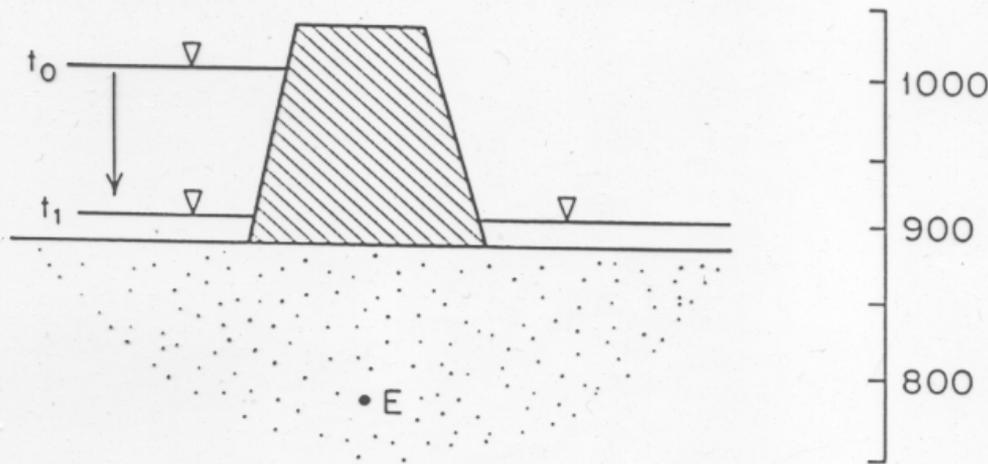
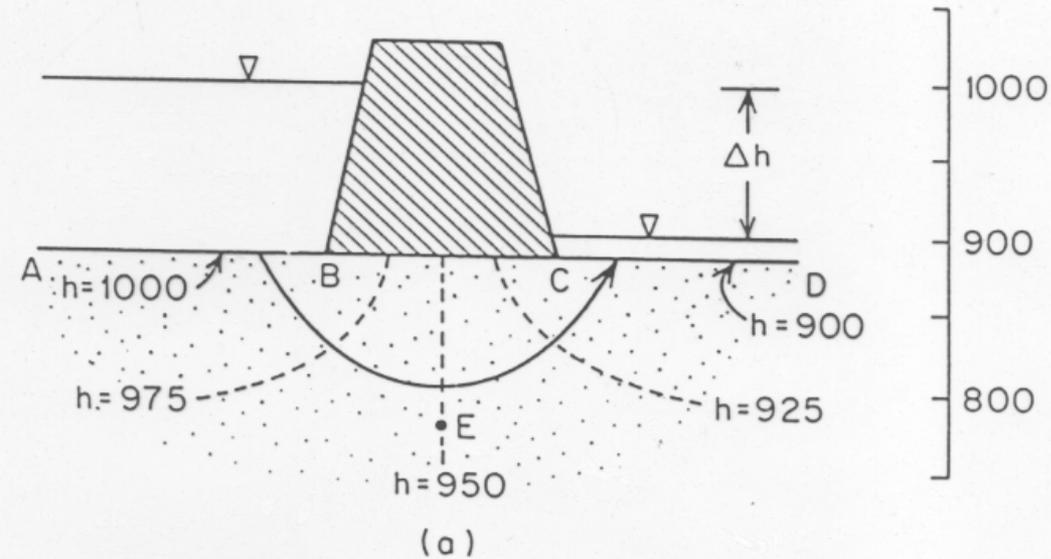
# Acquitardo ed Acquifero



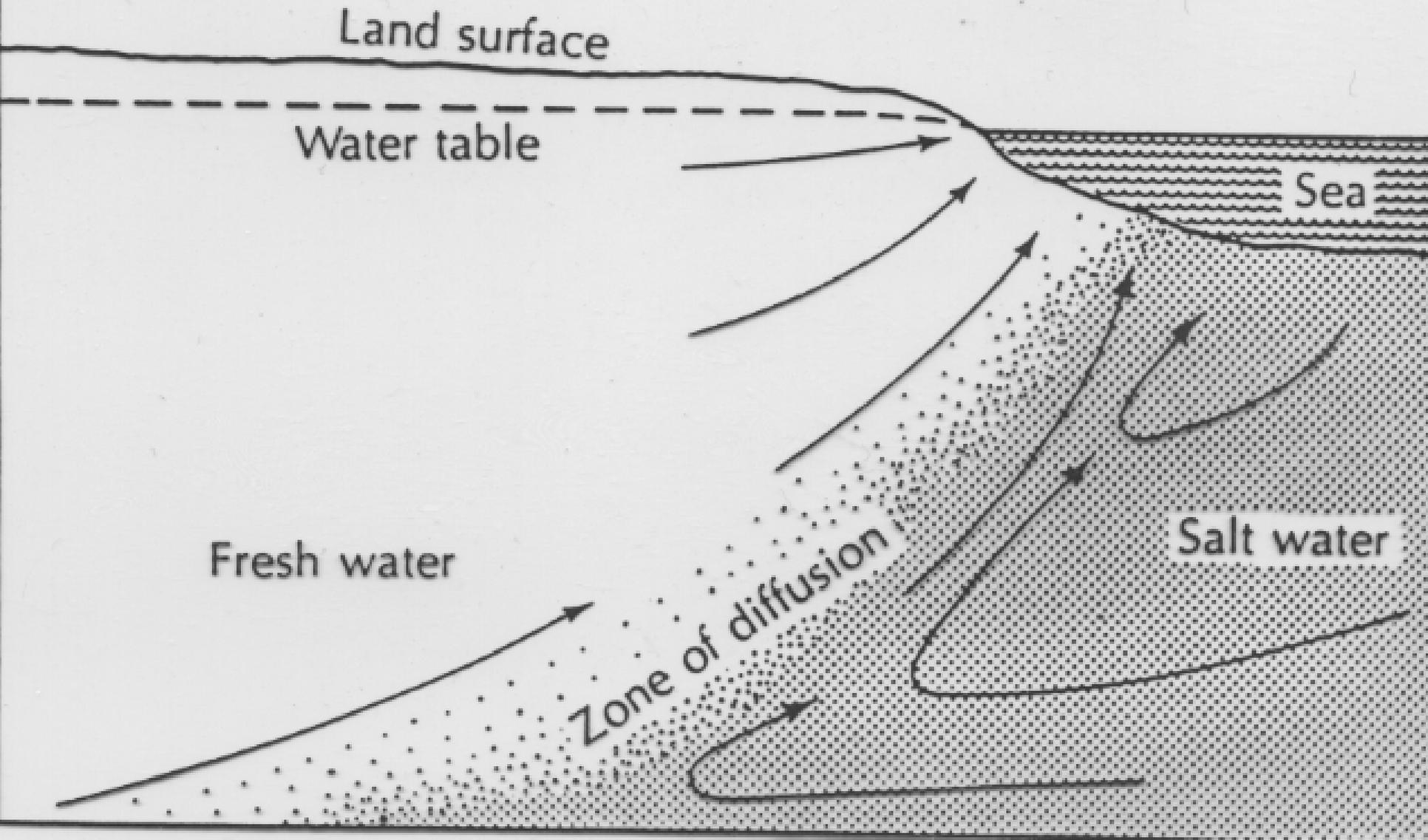
- Per sistemi di flusso regionali dove  $k_2/k_1$  oppure  $k_{\text{aquifer}}/k_{\text{aquitard}}$  tende ad essere 100 o maggiore
- Flussi in acquitardi ( $k_1$ ) sono subverticali
- Flussi in acquiferi ( $k_2$ ) sono suborizzontali
- La spaziatura delle linee di flusso è una misura del flusso così si nota come l'aquifero agisca da collettore di flusso

**STATO  
STAZIONARIO  
(STEADY  
STATE)**

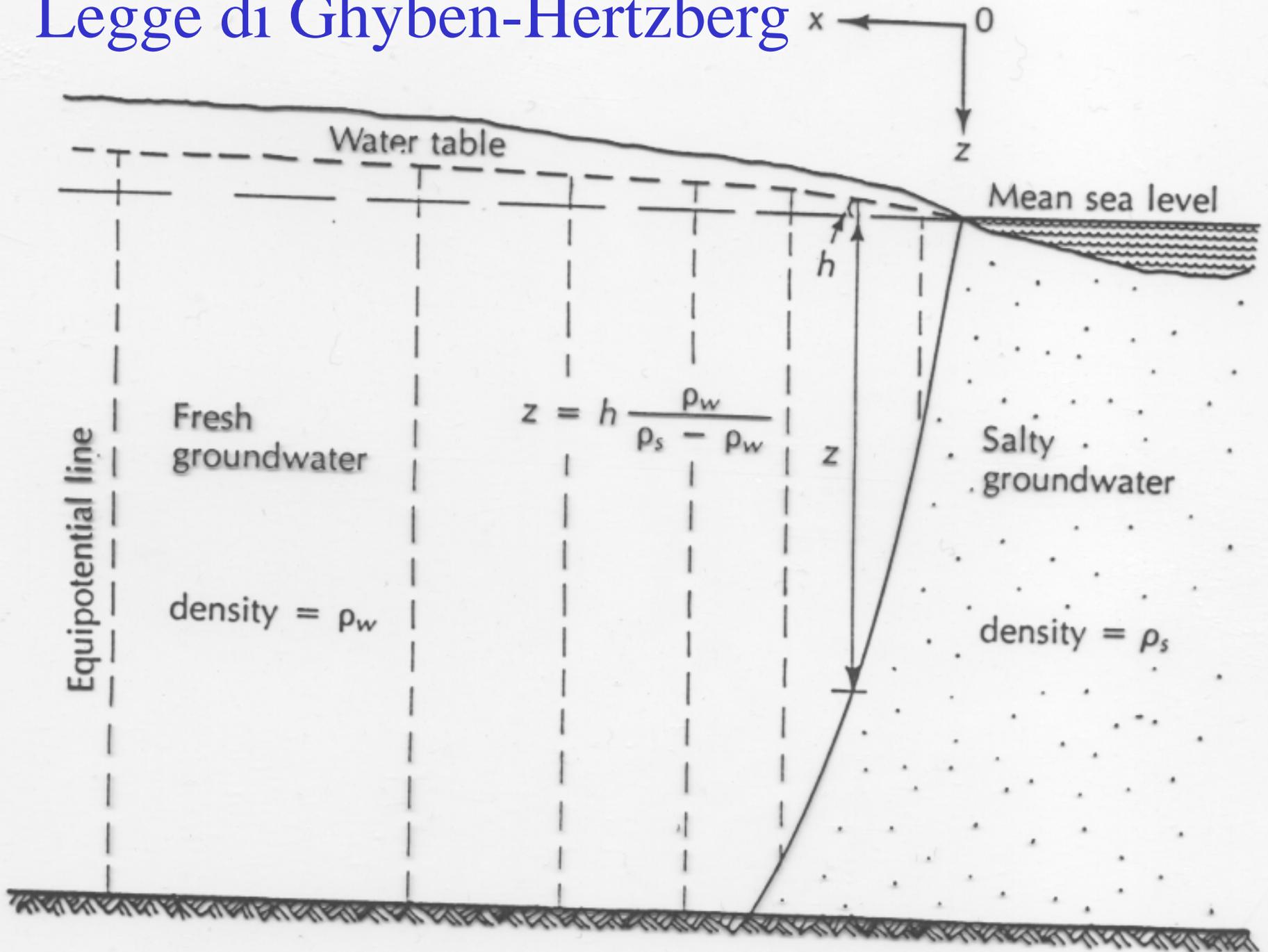
**STATO  
TRANSITORIO  
(TRANSIENT  
STATE)**



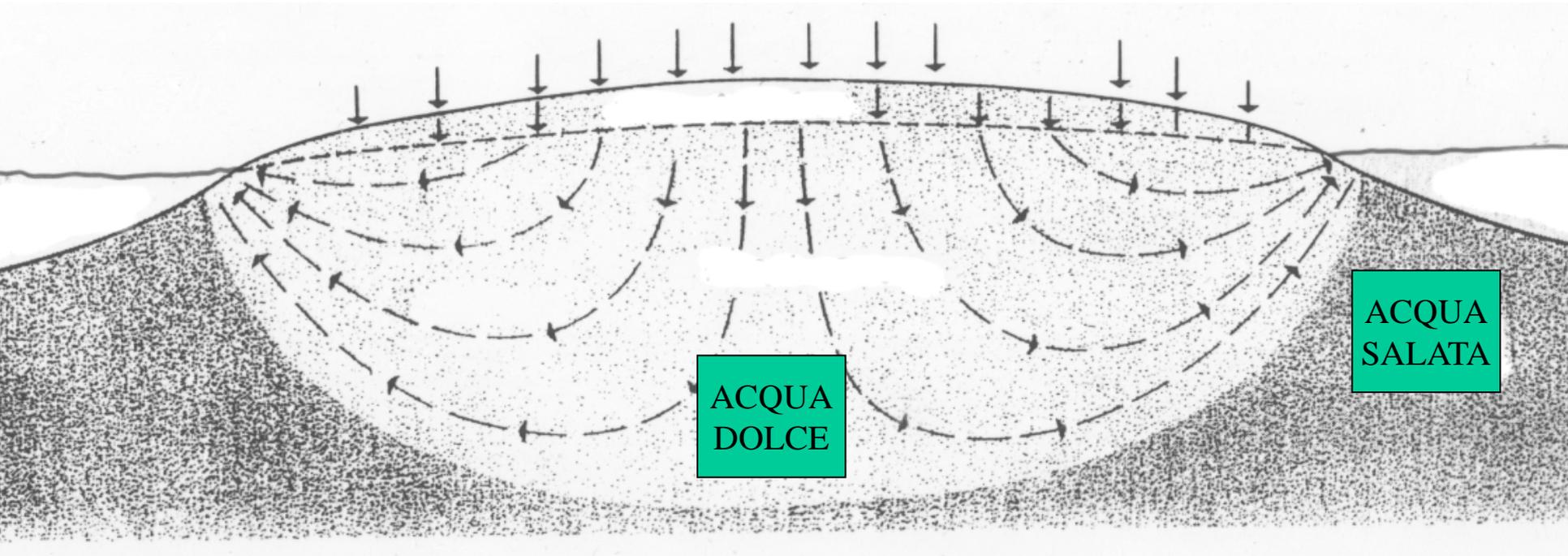
# Intrusione salina – Acquifero libero



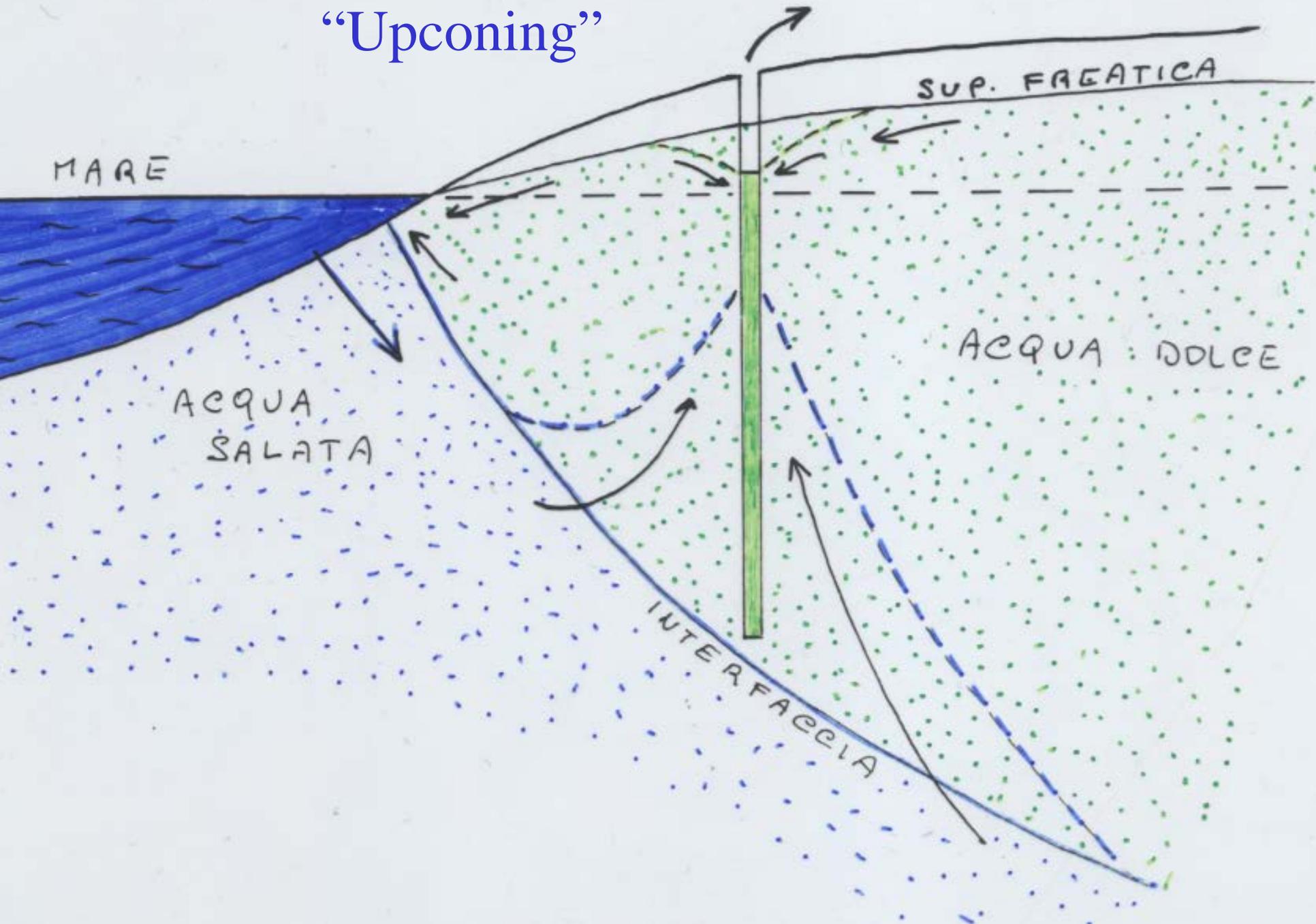
# Legge di Ghyben-Hertzberg

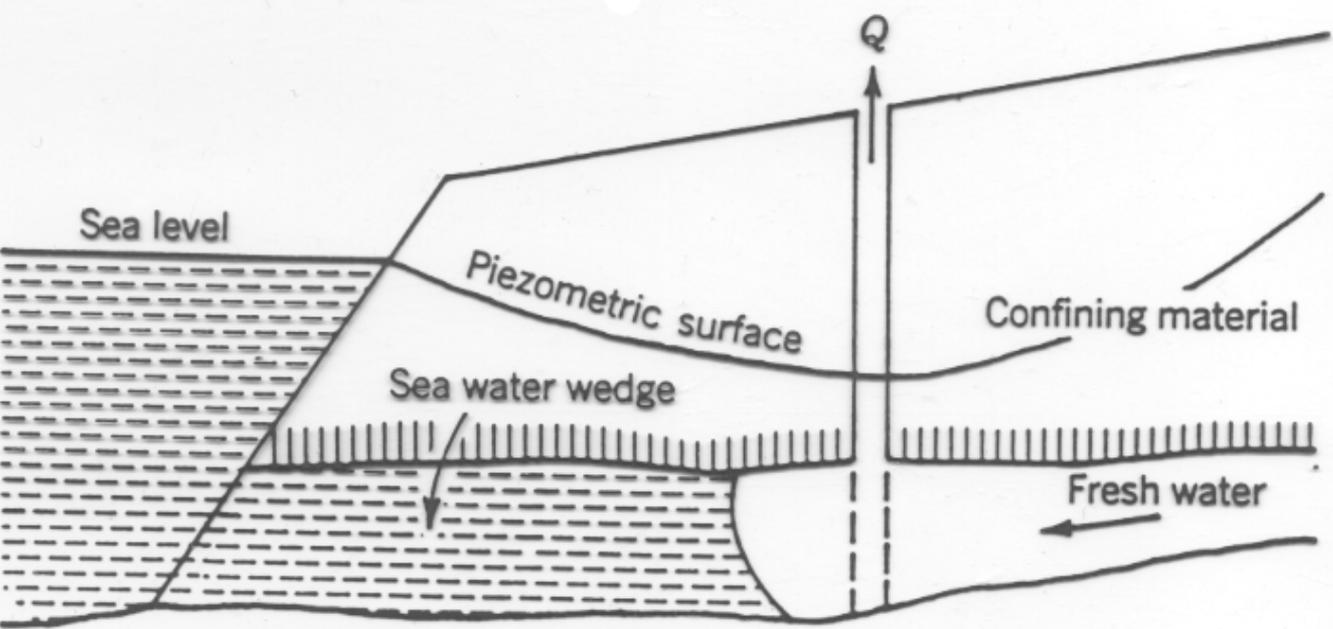
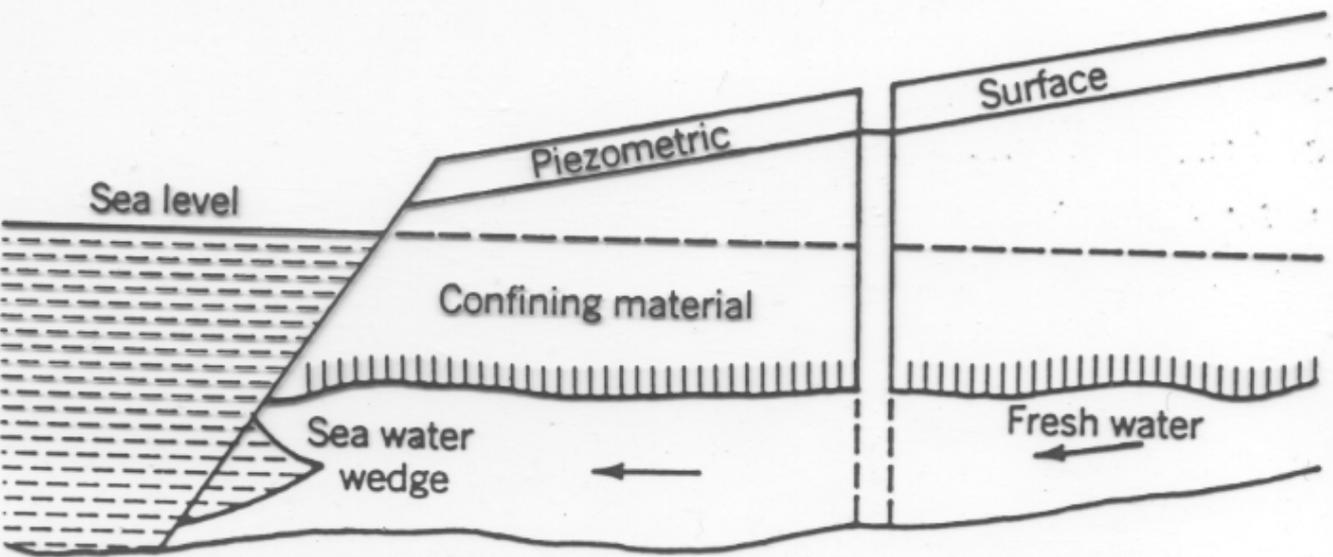


# Isole



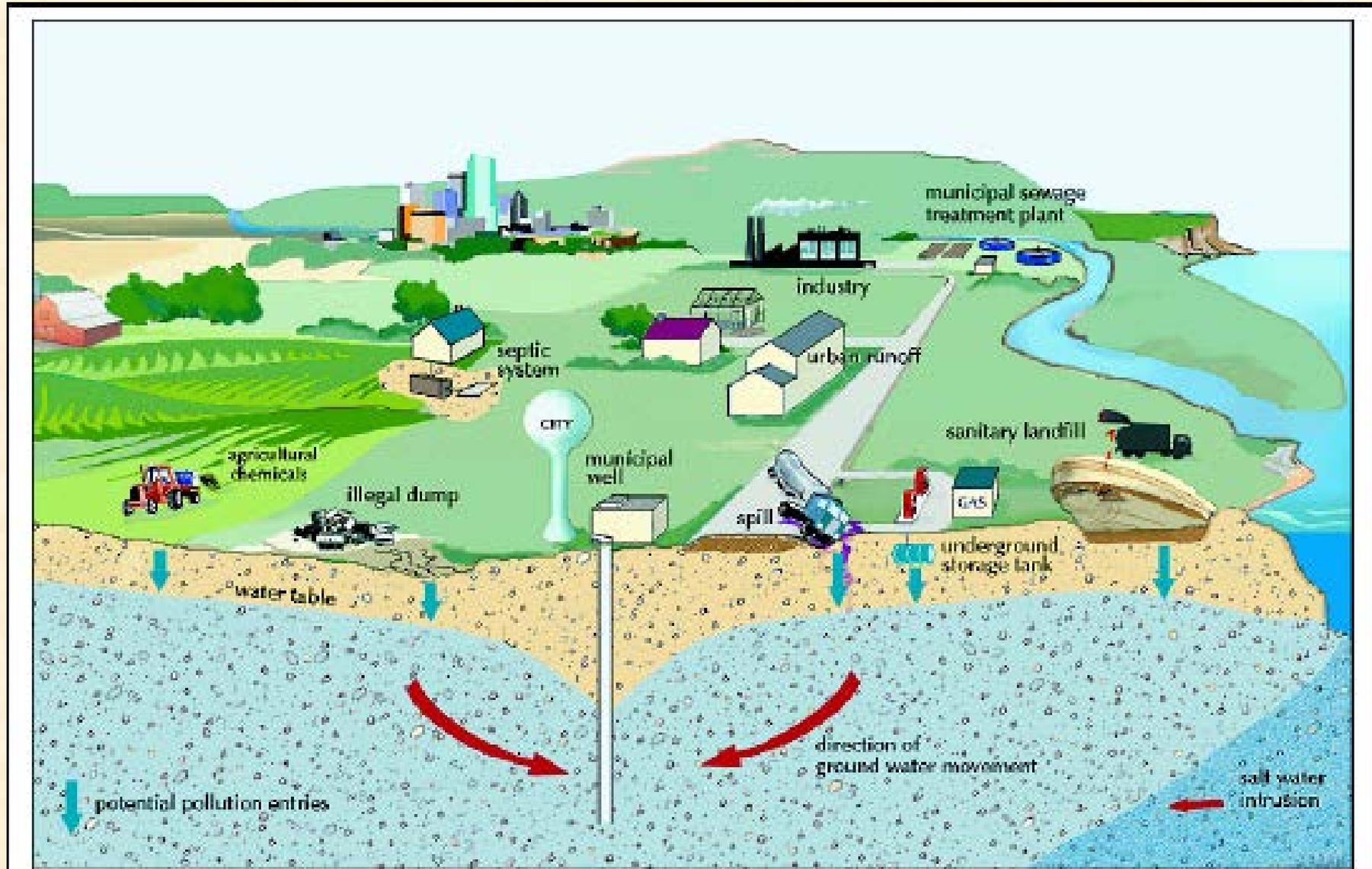
# “Upconing”





Salinizzazione  
 acquifero  
 confinato

# Attività inquinanti



## Vulnerabilità-Vulnerabilità intrinseca-Suscettibilità

attitudine di un complesso acquifero ad essere contaminato da un inquinante idroveicolato o fluente in fase libera, proveniente dai pressi della superficie del terreno (funzione delle caratteristiche intrinseche idrogeologiche del sistema)

## Pericolosità (Hazard)

probabilità che un evento inquinante di una data severità si manifesti (funzione di probabilità, quantità e tossicità della sostanza)

## Valore

si intende quello della risorsa a rischio di inquinamento (falda) e dei punti di attingimento (pozzi, sorgenti)

## Rischio

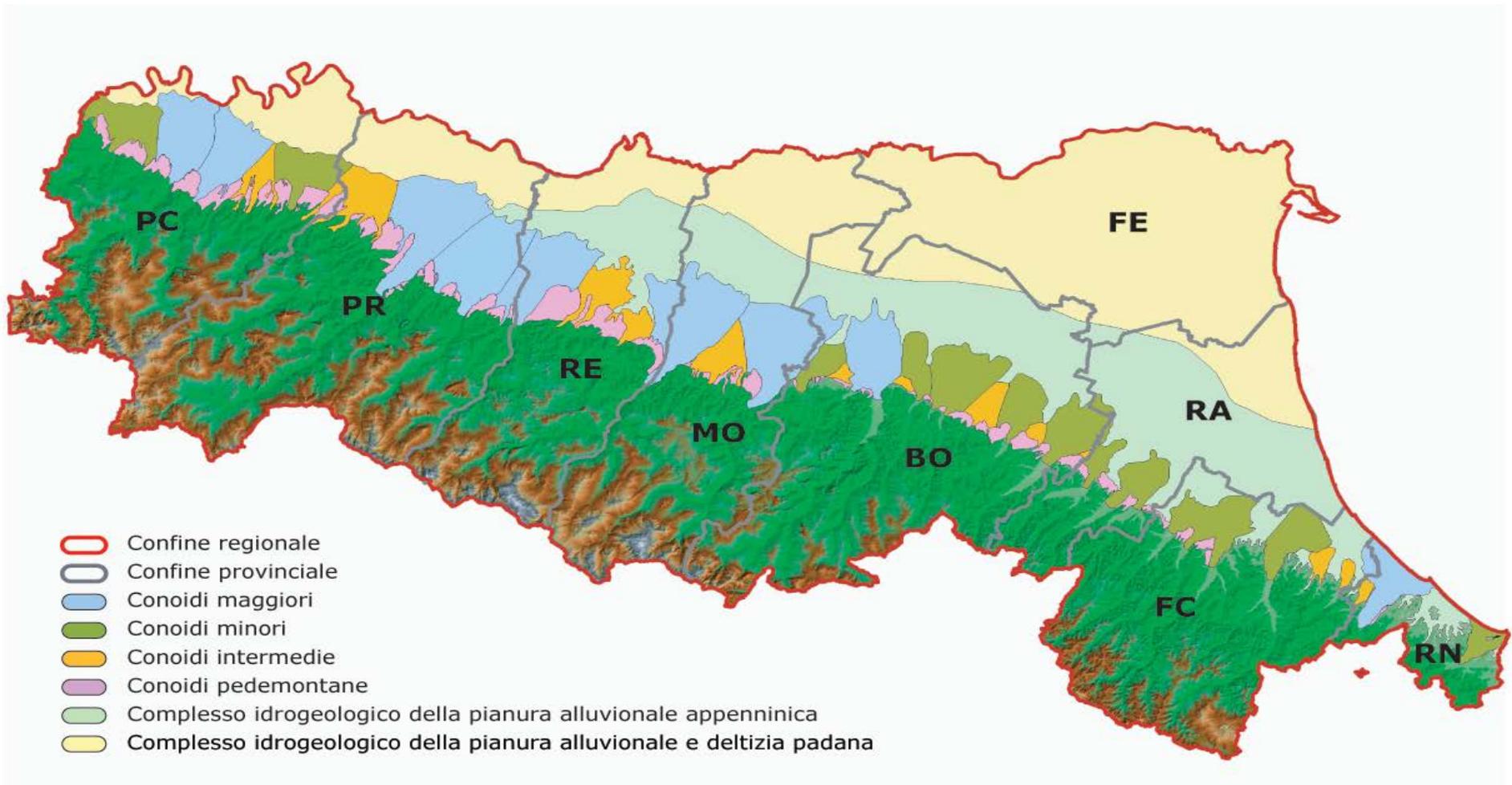
probabilità che un evento inquinante di una data pericolosità induca effetti indesiderati nella collettività (**rischio sanitario**) o nell'ambiente (**rischio ecologico**) in relazione alla vulnerabilità intrinseca dell'acquifero

**Metodologia di redazione  
della Carte della Vulnerabilità  
degli acquiferi  
all'inquinamento**

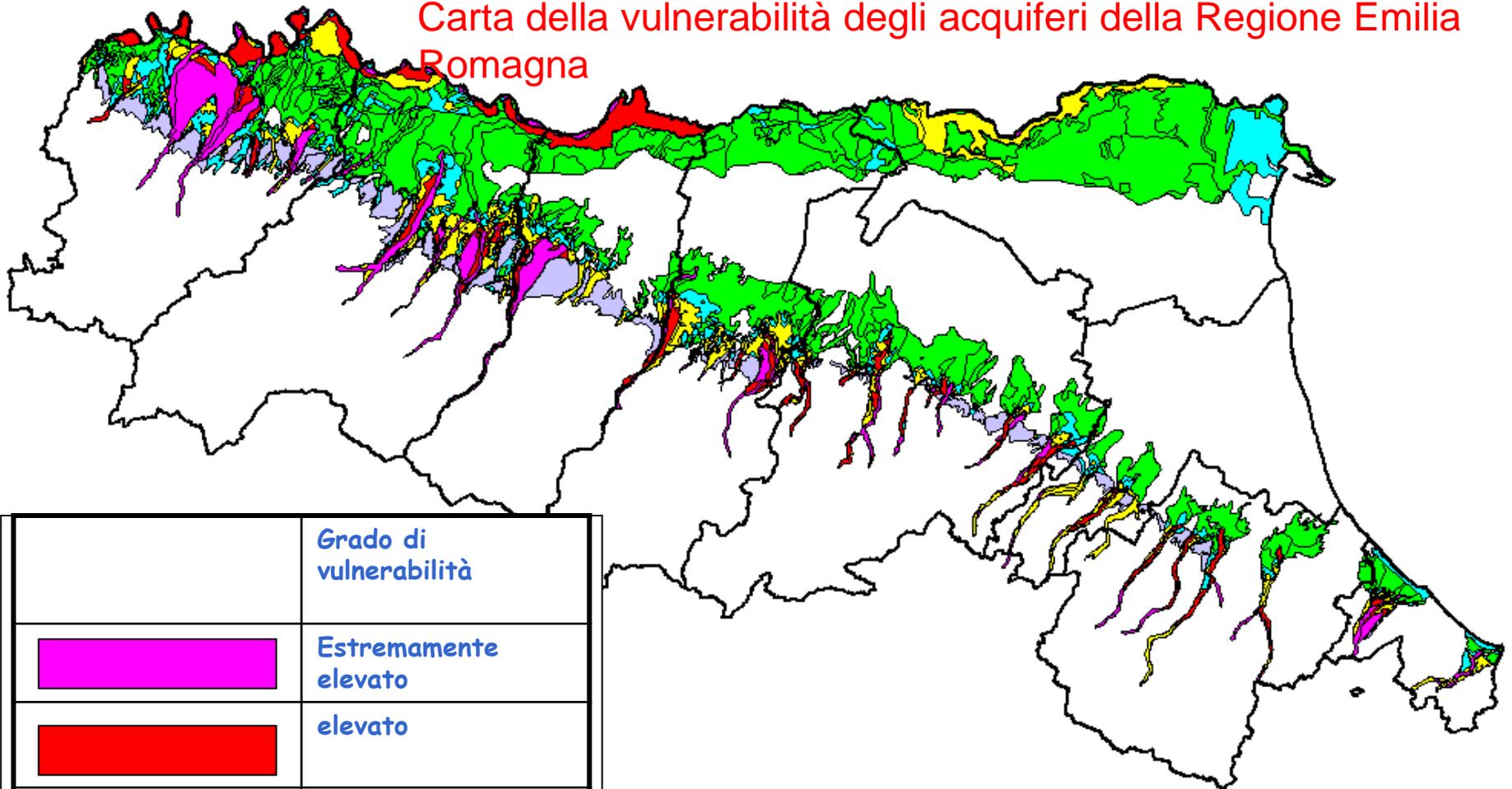
**1) PER COMPLESSI E SITUAZIONI  
IDROGEOLOGICHE**

**2) METODI PARAMETRICI A PUNTEGGIO E  
PESI**

**3) MODELLI ANALITICI**



## Carta della vulnerabilità degli acquiferi della Regione Emilia Romagna



	Grado di vulnerabilità
	Estremamente elevato
	elevato
	alto
	medio
	Basso

In bianco : assenza di depositi poroso permeabili nel primo acquifero

# **DRASTIC**

**D**epth to water table **SOGGIACENZA**

**R**echarge (aquifer) **INFILTRAZIONE EFFICACE**

**A**quifer media **LITOLOGIA ACQUIFERO**

**S**oil media **TIPO DI SUOLO**

**T**opography (slope) **PENDENZA**

**I**mpact of vadose zone **LITOLOGIA INSATURO**

**C**onductivity (hydraulic) **K ACQUIFERO**

# DRASTIC

- Sistema parametrico a punteggio e pesi
- Indice DRASTIC

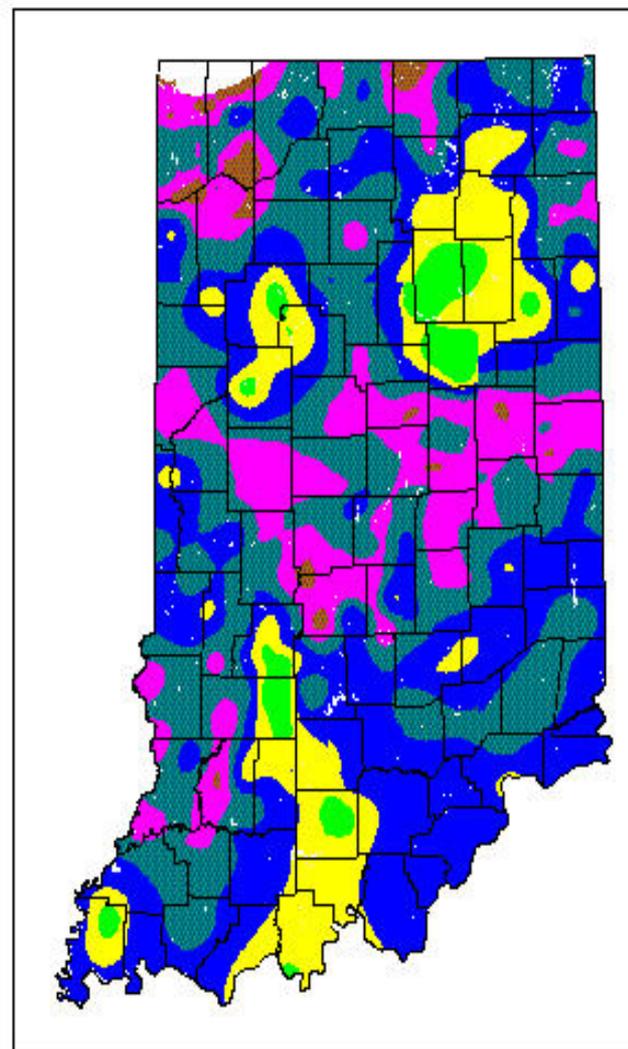
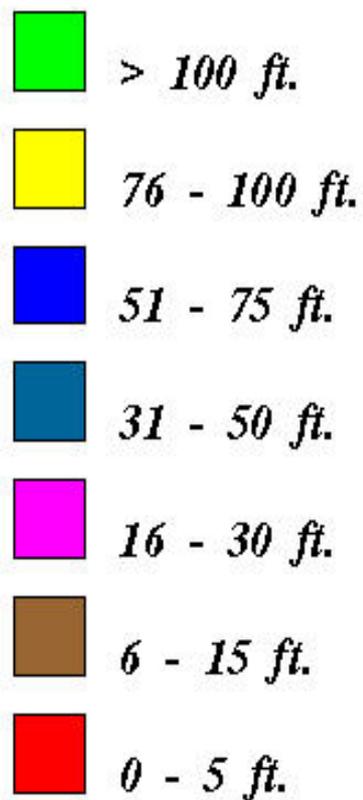
$$D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

dove  $r = \text{Rating (punteggio)}$   
 $w = \text{Weight (peso)}$

# Pesi DRASTIC

<b>Depth to Water Table</b>	<b>5</b>
<b>Recharge</b>	<b>4</b>
<b>Aquifer Media</b>	<b>3</b>
<b>Soil Media</b>	<b>2</b>
<b>Topography</b>	<b>1</b>
<b>Impact of Vadose Zone</b>	<b>5</b>
<b>Conductivity (Hydraulic)</b>	<b>3</b>

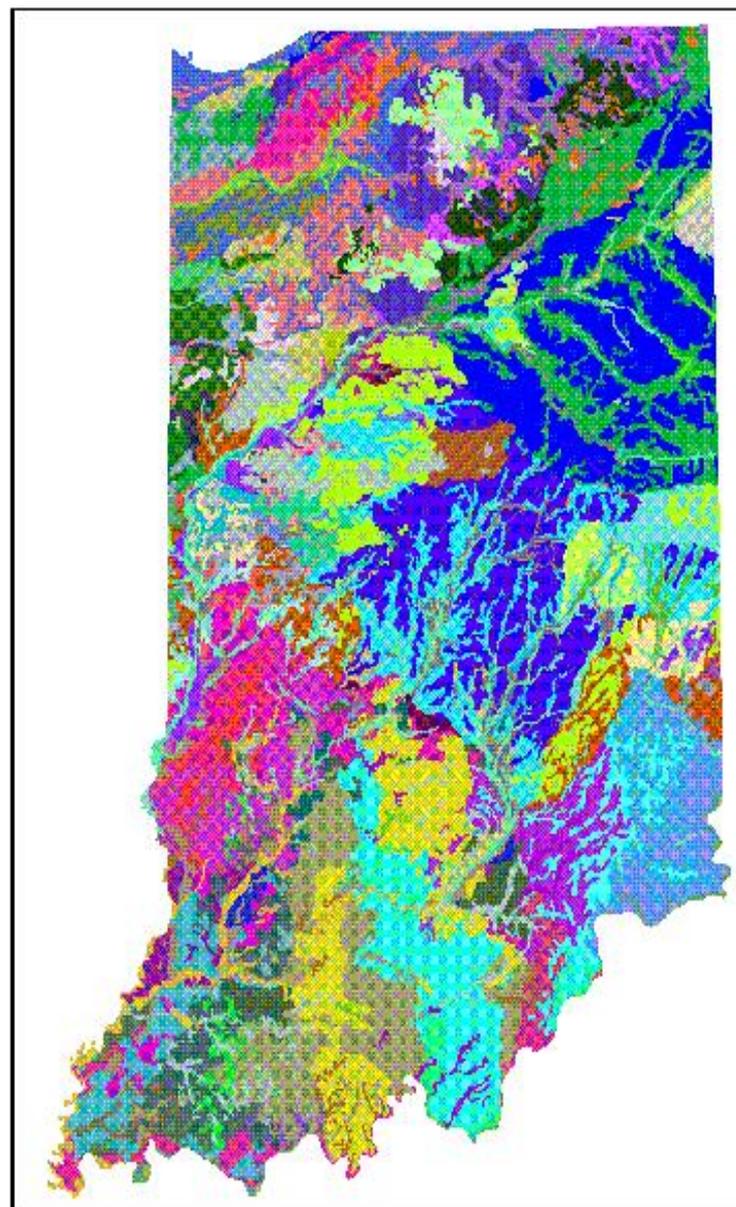
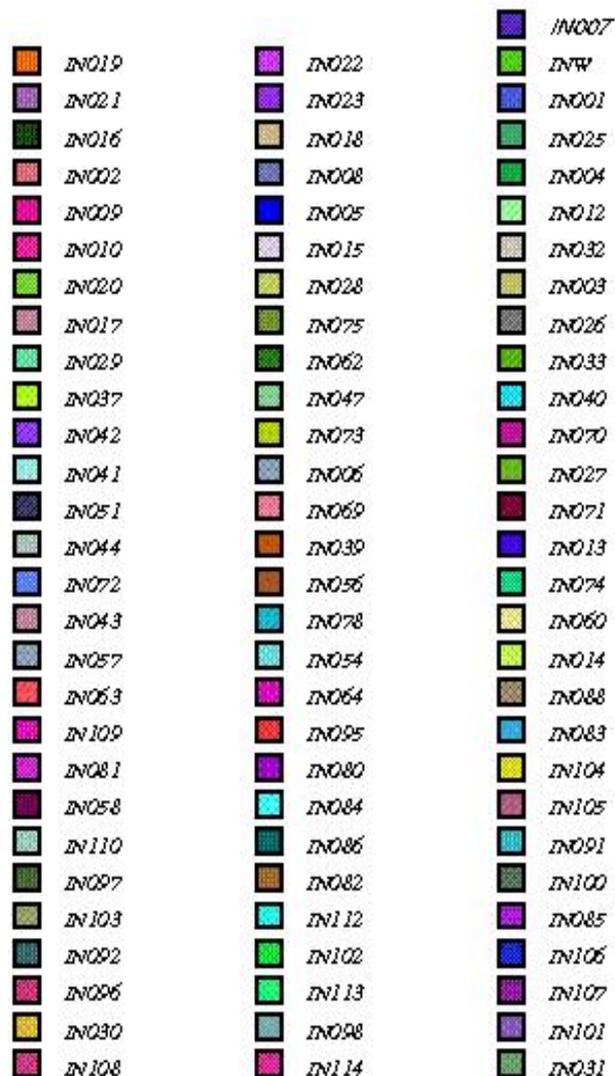
## Watertable Depths For Indiana



# Punteggio DRASTIC per SOGGIACENZA

<u>Profondità (ft)</u>	DRASTIC
0-5	10
5-15	9
15-30	7
30-50	5
> 100	1

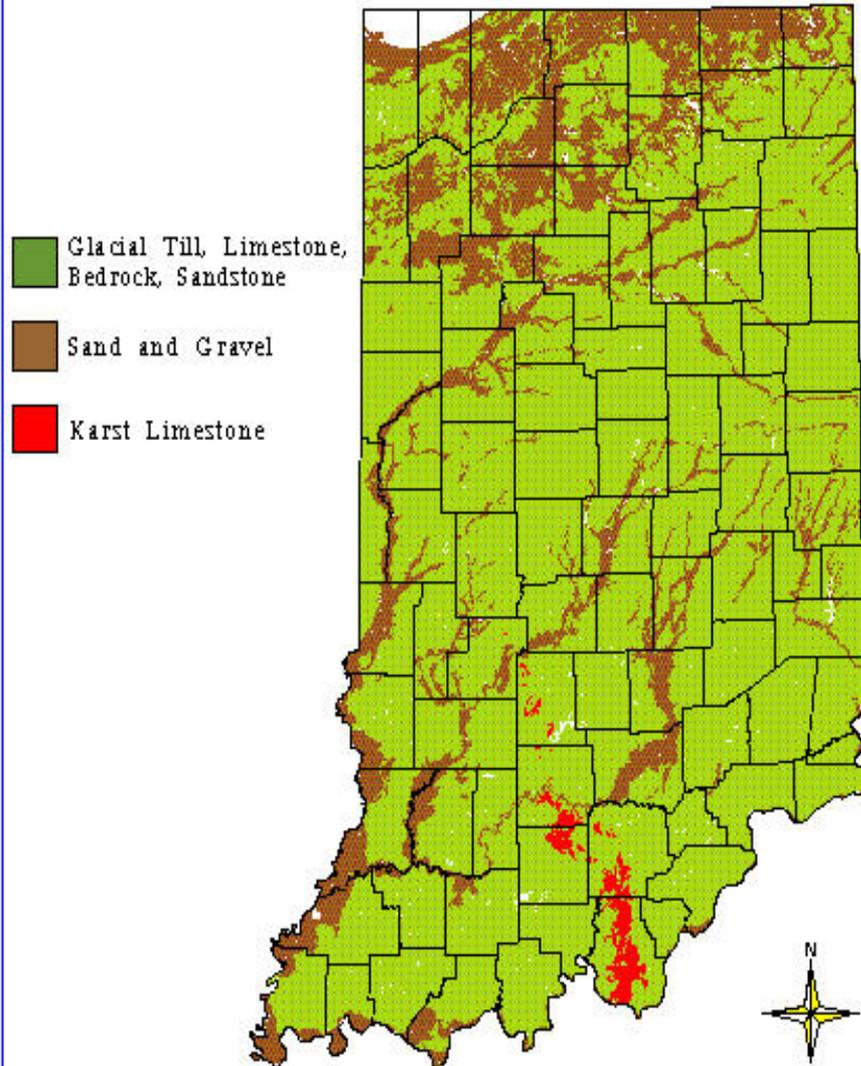
# STATSGO SOILS FOR INDIANA



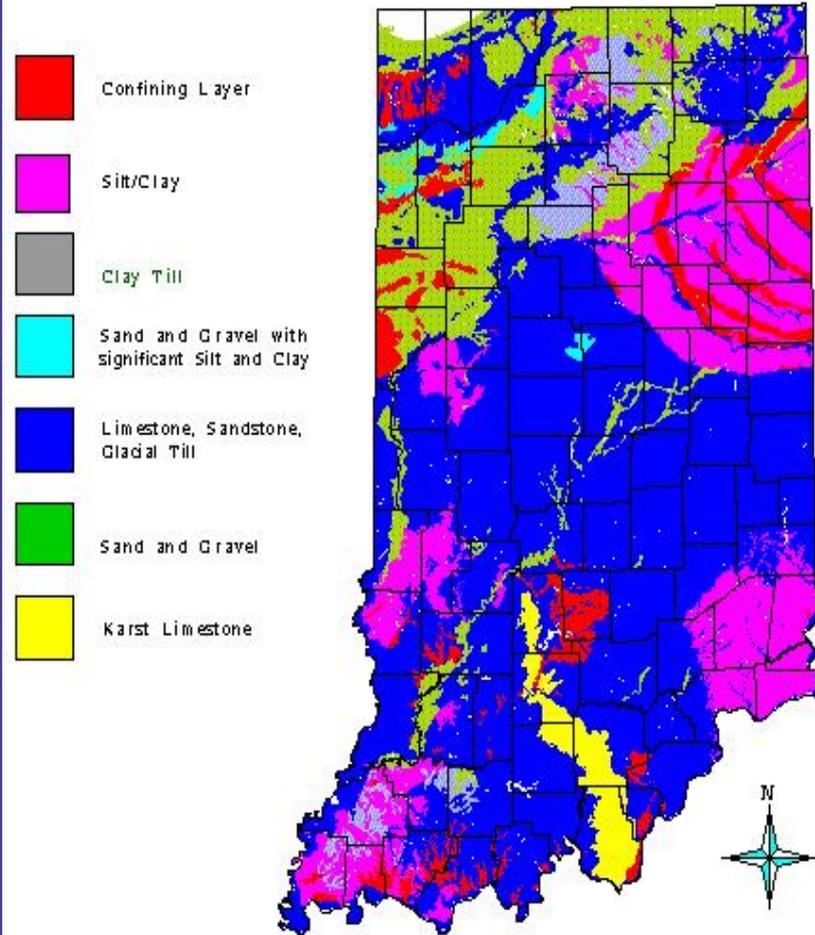
SCALE: 1 : 2569411

4635388  
 REGION: 390000 700000  
 4175388

# *Aquifer Media*



# *Impact of the Vadose Zone*



# **DRASTIC**

**(esempio di Indice Drastic)**

$$D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

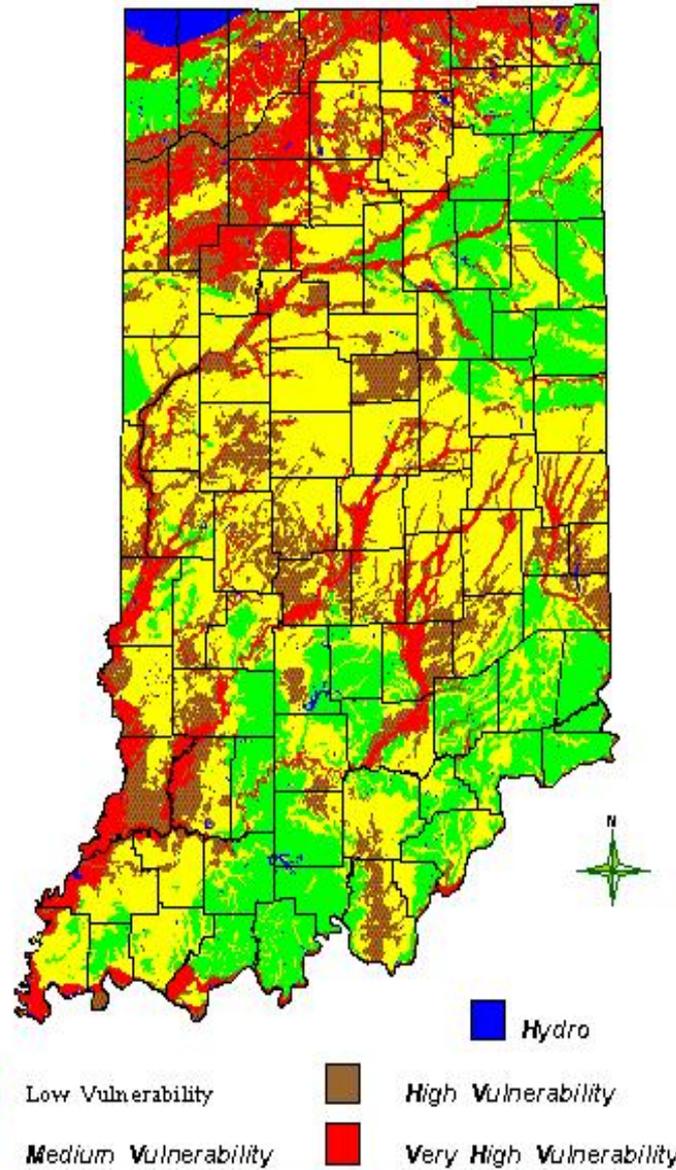
$$8 * 5 + 2 * 4 + 8 * 3 + 6 * 2 + 7 * 1 + 1 * 5 + 7 * 3$$

$$= 117$$

# Grado di Vulnerabilità DRASTIC

<u>Vulnerability Rating</u>	<u>Range</u>
Low	1-100
Moderate	101-140
High	141-200
Very High	> 200

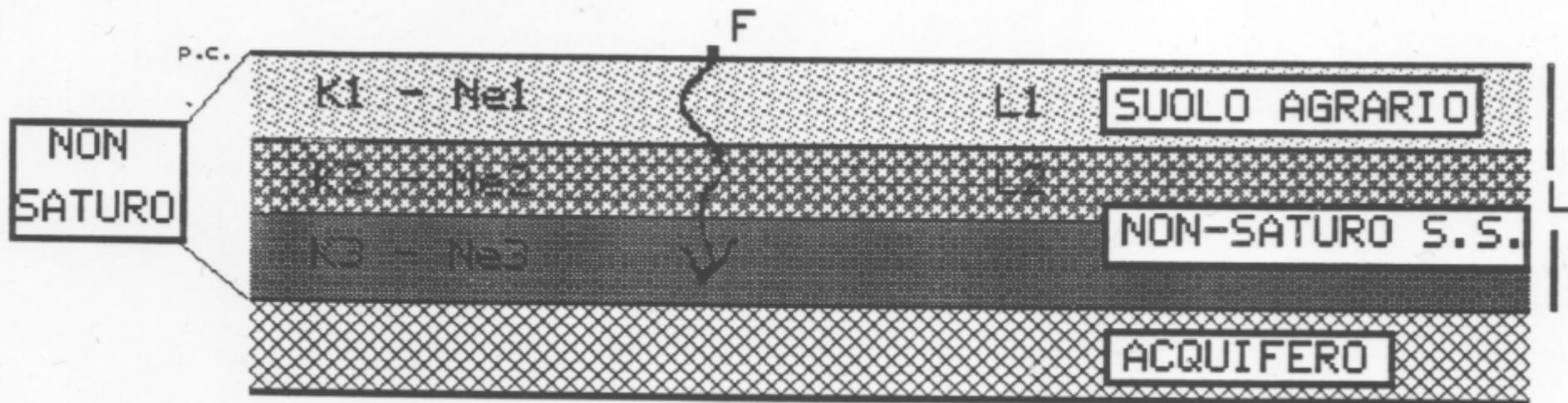
# *DRASTIC*



# **IMPORTANTE!!!**

- **Le carte di vulnerabilità intrinseca sono basate solo su fattori idrogeologici**
- **Non tengono in conto la tipologia degli inquinanti**
- **Una vulnerabilità molto alta non significa che la falda sarà sicuramente inquinata**
- **Una vulnerabilità bassa non significa che la falda non sarà inquinata**
  
- **NON CONFONDERE VULNERABILITA' CON RISCHIO O CON PERICOLOSITA'**

## TEMPO D'ARRIVO



$$T(\text{tempo d'arrivo}) = \frac{L_1 * Ne_1}{K_1} + \frac{L_2 * Ne_2}{K_2} + \frac{L_3 * Ne_3}{K_3}$$

# DOMANDE

- Un gradiente idraulico poco acclive ....???
- Paleo-alveo: filetti convergenti o divergenti??
- Alto piezometrico assoluto...?????
- Basso piezometrico assoluto...????
- Con un gradiente dello 0.3%, la piezometrica su 1000 m si abbassa di..????
- In una zona di ricarica il carico idraulico come varia in profondità?