

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE ED
AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO
(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale, Classe N. L-7)

TESI DI LAUREA
"VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' DELLE FALDE DEL BACINO DELL'
ALENTO"

RELATORE

Prof.ssa Daniela Ducci

CANDIDATO

Masi Emanuele

N49/104

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

INTRODUZIONE

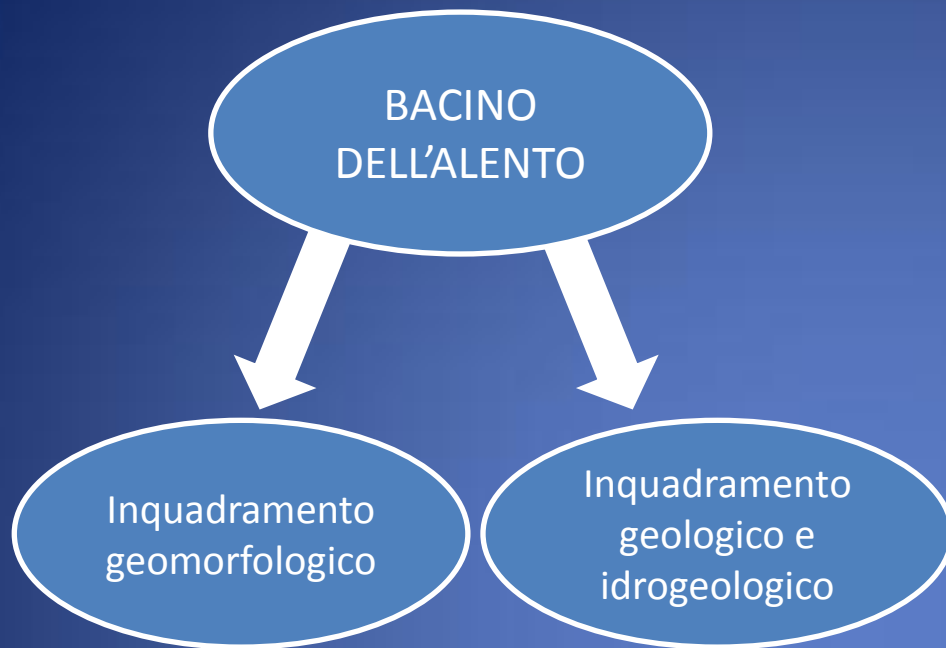


Mappa del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano (da Cartografia Touring Club Italiano, scala 1:400000)

Il fiume Alento è uno dei principali corsi d'acqua dell'area cilentana. Le sorgenti si trovano sul monte Le Corne (894 m s.l.m), all'interno del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano. Nel bacino idrografico del fiume Alento sono praticamente assenti complessi carbonatici, i quali, sono da considerarsi le principali "riserve" idriche della Campania, per i fenomeni connessi alle loro caratteristiche geologiche (fessurazioni e carsismo). Vanno ricordati i due invasi artificiali presenti nell'area: la diga Carmine e, soprattutto, la diga Alento, in località Piano della Rocca che dà vita ad un lago artificiale di circa 150 ha di estensione. L'Alento sfocia nel mar Tirreno, nei comuni di Ascea e Casalvelino.

OBIETTIVI DELLA TESI

- *Individuazione del grado di vulnerabilità all'inquinamento delle falde acquifere del bacino dell'Alento (Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano);*
- *Confronto tra due metodologie di redazione delle Carte di vulnerabilità: AVI e SINTACS*



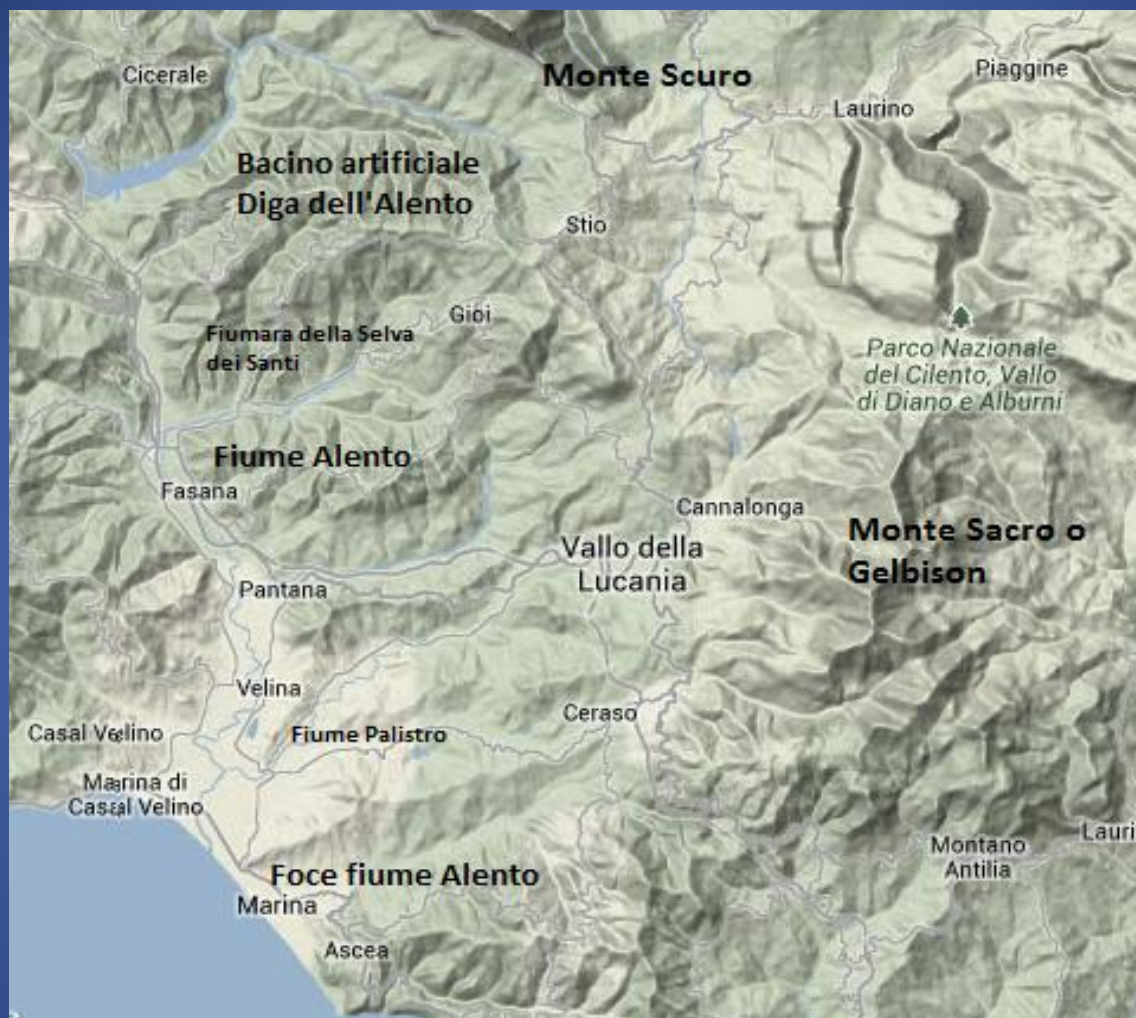
MORFOLOGIA DEL BACINO DELL'ALENTO

- **Inquadramento geomorfologico**

Il bacino idrografico del fiume Alento comprende un'area di 284 km² interamente ricadente nella provincia di Salerno. Il bacino si estende dalla costa tirrenica verso l'interno per 25 km. Il suo territorio è quasi totalmente montuoso-collinare e le uniche zone pianeggianti sono rappresentate dalla fascia costiera e dal fondovalle del fiume Alento e dei suoi affluenti. Le cime più alte si trovano all'estremità orientale del bacino e sono rappresentate dal Monte Sacro (1705 m), Monte Scuro (1610 m) e Monte Falascoso (1494 m).

- **Morfologia fluviale**

La morfologia del fiume è molto variabile. Nel tratto più a monte la valle alluvionale si presenta stretta con forti pendenze del fondo alveo e il letto alluvionale è costituito principalmente da ciottoli. Dopo circa una decina di chilometri, il corso del fiume, esce dal territorio del Parco Nazionale e compie una curva verso sud. Successivamente, fino al lago artificiale del Piano della Rocca, il fiume assume una configurazione cosiddetta "braided" cioè, non si identifica un canale principale di scorrimento ma scorre in più canali. Il corso del fiume negli ultimi chilometri assume un andamento meandriforme, tipico dei corsi d'acqua in pianura e causata dalla diminuzione della pendenza.



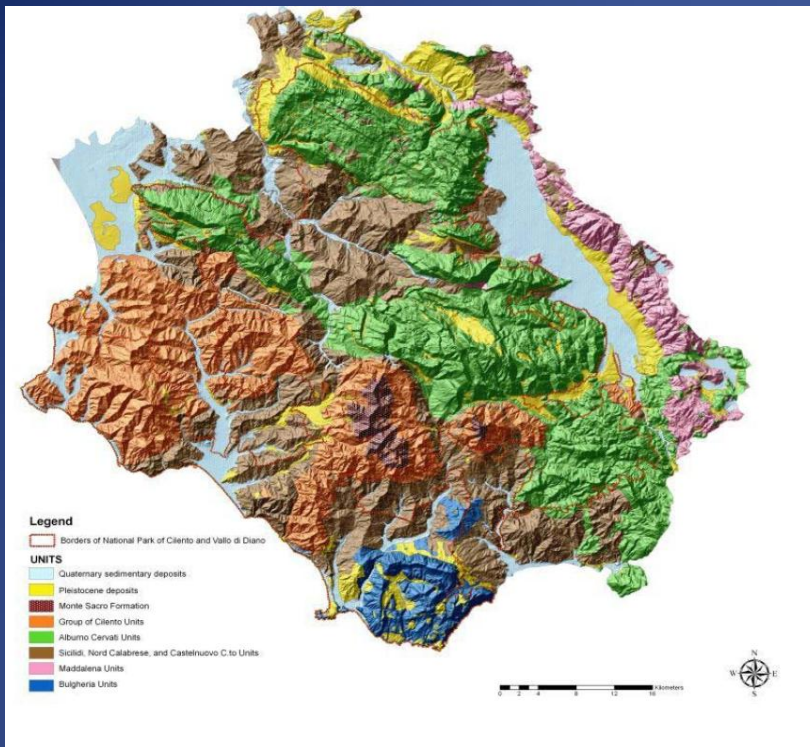
Carta piezometrica del bacino del fiume Alento, da www.cilentoediano.it, scala 1:400000

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

- **Inquadramento geologico del Cilento**

Il Cilento fa parte dell'Appennino meridionale ed è compreso tra il Mar Tirreno e il Vallo di Diano. I terreni affioranti nel Cilento possono, in sintesi, essere ricondotti a due grandi insiemi: le unità terrigene note come Flysch interni e l'unità carbonatica dei Monti Alburno-Cervati-Pollino.

- *I flysch interni, così definiti per la loro posizione geografica appunto interna rispetto alla tettonogenesi, sono costituiti da torbiditi bacinali argilloso-calcaree e argilloso-arenacee, originariamente deposte su un substrato di tipo oceanico o su crosta continentale assottigliata.*
- *I carbonati affioranti sono, invece, costituiti da calcari e dolomie di piattaforma di età compresa tra il Triassico superiore e il Miocene inferiore. Il rapporto tra questi due grandi insiemi è di sovrapposizione tettonica dei Flysch interni sui carbonati; oggi questa sovrapposizione è mascherata dalla tettonica recente, responsabile di un parziale sollevamento dei carbonati e di inversioni locali dei rapporti. (Camarosano et al., 2004)*



Carta geologica del Cilento (da www.cilentoediano.it,
egnconference 2013)

Le unità geologiche presenti nell'area cilentana sono:

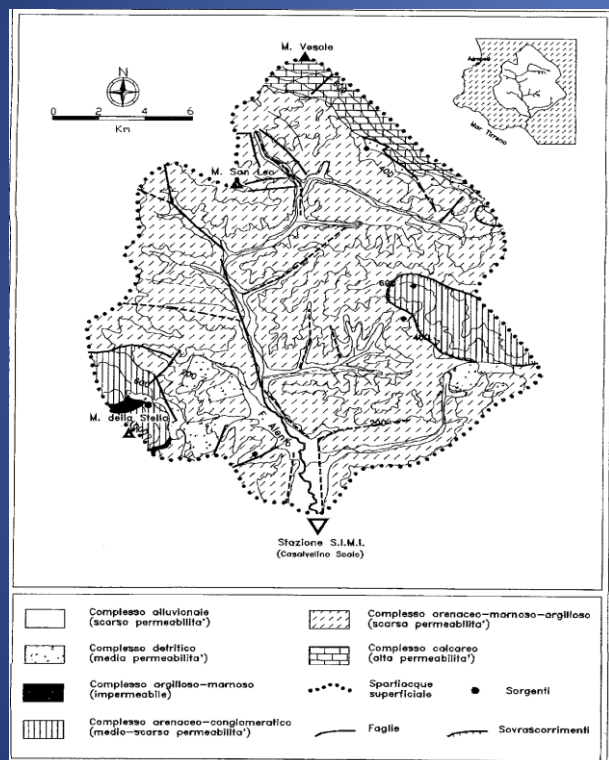
- ***Gruppo del Cilento e conglomerati di Monte Sacro;***
- ***Unità Nord-Calabrese;***
- ***Unità di Castelnuovo Cilento;***
- ***Unità Sicilide;***
- ***Unità dei Monti Alburno-Cervati-Pollino.***

• ***Inquadramento geologico del bacino dell'Alento***

Il bacino dell'Alento è impostato su terreni di tipo flyschoidi (80 % dell'area) appartenenti alle unità del Gruppo del Cilento. Nell'area del bacino affiorano, inoltre, calcari nell'estremo settentrionale del bacino stesso e i depositi alluvionali del fondovalle del fiume Alento. Nell'area costiera in cui si trova la foce del fiume sono infine presenti depositi sabbiosi di spiaggia, anch'essi permeabili per porosità.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

- Inquadramento idrogeologico del Cilento**



Carta dei complessi idrogeologici del bacino del fiume Alento (da Guida et al, 1980, modificato)

- Il territorio del Cilento si presenta litologicamente eterogeneo con rilievi carbonatici, costituiti ai bordi da depositi terrigeni poco permeabili. Sono presenti, inoltre, ampie aree pianeggianti, costiere ed interne, che risultano essere caratterizzate dalla presenza di depositi detritico-alluvionali, piroclastici e marini. Il Cilento risulta essere costituito da cinque complessi idrogeologici (ATO 4 Sele, 2002):
- Complesso calcareo (Unità Alburno-Cervati-Pollino);**
- Complesso calcareo-silico-marnoso;**
- Complesso calcareo-arenaceo-marnoso;**
- Complesso argilloso-marnoso arenaceo;**
- Complesso sabbioso-limoso-ghiaioso.**

- **Inquadramento idrogeologico del bacino dell'Alento**

Il bacino idrografico del fiume Alento si presenta molto omogeneo dal punto di vista idrogeologico, l'80 % è costituito dal complesso argilloso-marnoso-arenaceo, scarsamente permeabile; il 15 % che comprende principalmente la Piana dell'Alento e la zona costiera, è costituito dal complesso sabbioso-limoso-ghiaioso, a permeabilità decisamente più elevata e il 5 % è costituito da una piccola parte calcarea posta nella parte settentrionale del bacino. Quindi le unità idrogeologiche presenti nel bacino in esame sono sostanzialmente classificabili in due grandi settori:

- ***rilievi della successione terrigena flyschoidale;***
- ***depositi della piana alluvionale.***

*Le unità del Flysch del Cilento hanno una bassa permeabilità e la circolazione idrica sotterranea è frammentata nei livelli più permeabili (ATO 4 Sele, 2002). L'unità idrogeologica della piana dell'Alento, come le altre piane dell'area cilentana è costituita prevalentemente da **depositi alluvionali** di tipo sabbioso-limoso-ghiaioso.*

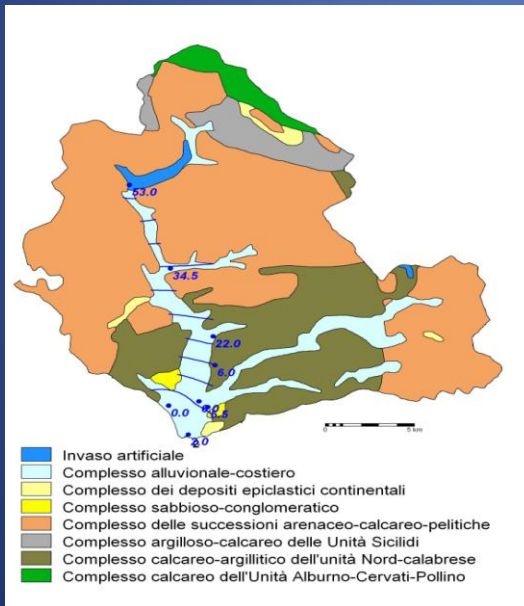
PIEZOMETRIA DEL BACINO DELL'ALENTO

L'acquifero ha una circolazione sotterranea da considerarsi come unica (ATO 4 Sele, 2002). Grazie ai dati idrogeologici reperiti in un precedente lavoro di tesi (Bencivinni, 2007) relativi a pozzi per uso civile e/o agricolo-zootecnico e a sondaggi ricadenti nel bacino idrografico del fiume Alento è stato possibile risalire alla profondità e alla quota piezometrica della falda. Da tali dati è stato possibile effettuare una ricostruzione della piezometria della piana dell'Alento.

La isopiezica più vicina all'estremità meridionale del bacino è caratterizzata da un valore di quota piezometrica uguale a 5 m, mentre la più settentrionale ha valore di 50 m.



Quindi il flusso idrico sotterraneo è da Nord verso Sud, cioè, come prevedibile, verso il mare .



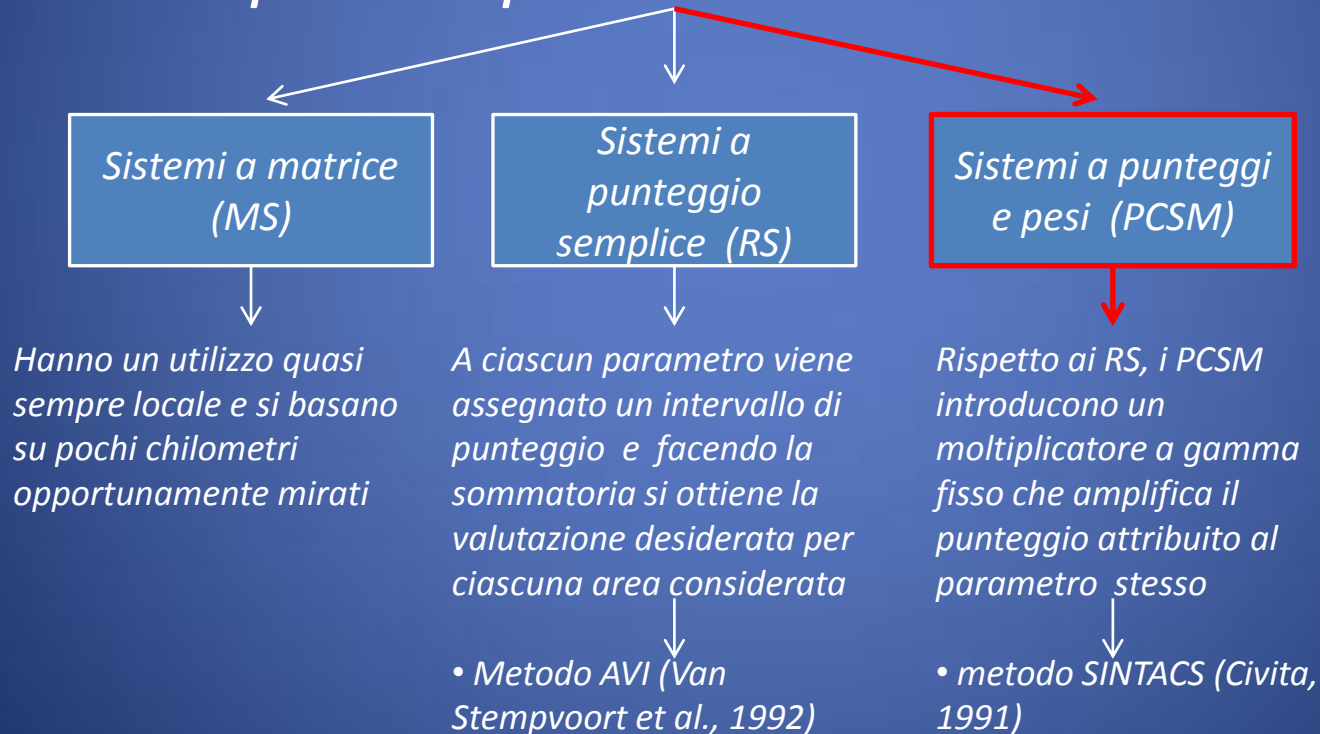
Piezometria della Piana
dell' Alento (dati in m s.l.m)

VULNERABILITA' INTRINSECA

- *Per vulnerabilità di un corpo idrico sotterraneo s'intende la facilità con cui sostanze contaminanti possono introdursi, propagarsi e persistere all'interno di un determinato corpo idrico. (Civita, 1994)*

DISAMINA DELLE METODOLOGIE DI REDAZIONE DELLE CARTE DI VULNERABILITA'

- *Zonazione per aree omogenee (complessi e situazioni idrogeologiche [CSI]);*
- *Valutazione per modelli numerici (Espressioni Analogiche [AR]);*
- **Valutazione per sistemi parametrici**



VALUTAZIONE PER SISTEMI PARAMETRICI

Metodo AVI (Van Stempvoort et al., 1992):

- Spessore di ogni strato al di sopra dell'acquifero più superficiale (d);
- Stima della conduttività idraulica di ognuno di questi strati (k)

La resistenza idraulica può essere calcolata come : $c = \sum d_i / k_i$

▪ **Metodo SINTACS (Civita, 1991; Civita & De Maio, 2000):**

- Soggiacenza (**S**);
- Infiltrazione efficace (**I**);
- Caratteristiche del Non saturo (**N**);
- Tipologia della copertura (**T**);
- Caratteristiche dell'Acquifero (**A**);
- Conducibilità idraulica (**C**);
- Superficie topografica (**S**).

La determinazione dell'indice di vulnerabilità si calcola secondo la relazione:

$$I_{\text{SINTACS}} = \sum (P_i * W_i) \quad P_i = \text{punteggio di ciascuno dei sette parametri}$$

W_i = peso relativo della stringa prescelta

METODO SINTACS PER LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' DELLE FALDE

Definiti i sette parametri, bisogna approfondire il discorso sull'impatto che assumono nel metodo SINTACS i cosiddetti "scenari d'impatto". Il primo passaggio da seguire consiste nell'individuazione della giusta linea dei pesi:



Poiché si tratta di un'area protetta, priva di zone industriali e zone a coltivazione intensiva



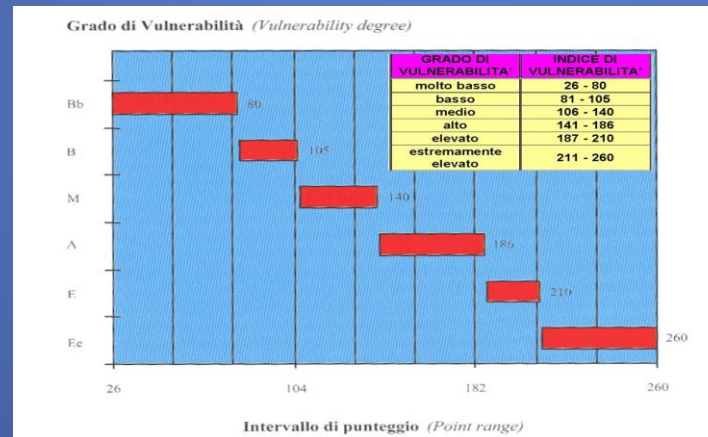
- Individuata la linea dei pesi, bisogna definire gli intervalli di variazione dei sette fattori, basandosi sull'analisi degli aspetti idrogeologici. (Civita e De Maio, 2000)

APPLICAZIONE DEL METODO SINTACS

A partire dagli intervalli di variazione dei sette parametri, si attribuiscono ad essi i rispettivi punteggi e pesi, basandosi sui diagrammi previsti dal metodo.

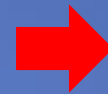
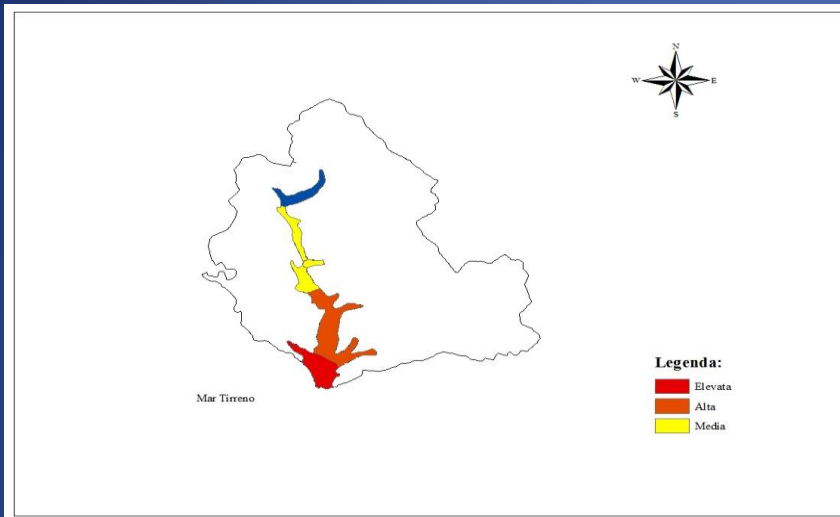


Si effettua la somma dei punteggi in funzione della zona di riferimento e, dopo essere pervenuti all'indice di vulnerabilità, si assegna il grado di vulnerabilità in base allo schema riportato di seguito:



Dai calcoli effettuati si ottiene un grado di vulnerabilità varia da **medio ad elevato**, con una certa diversificazione dei punteggi in tutta l'area.

APPLICAZIONE DEL METODO SINTACS



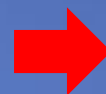
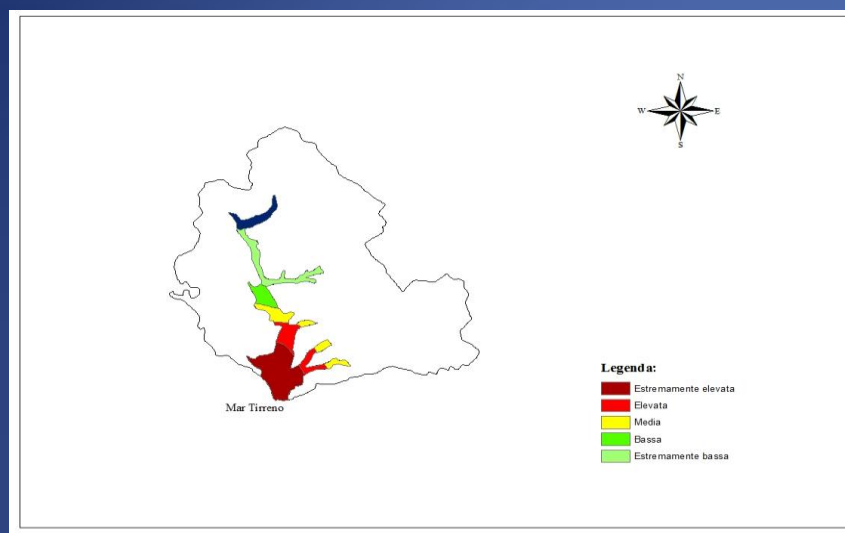
GRADO DI VULNERABILITA'

MEDIO –ELEVATO

Carta della vulnerabilità intrinseca redatta mediante metodo SINTACS

- nella zona più a monte, in prossimità del bacino artificiale, il grado di vulnerabilità SINTACS è medio, e ciò senz'altro dovuto all'elevata soggiacenza che si ha in questo tratto (circa 30 m).
- nella zona centrale, il grado di vulnerabilità diviene medio-alto per via della presenza di terreni sabbiosi-conglomeratici e per via della riduzione della profondità della falda (17-25 m);
- nella zona più a valle, prossima alla foce, il grado di vulnerabilità è elevato, grazie alla scarsa soggiacenza e alla presenza dei depositi alluvionali, caratterizzati da una permeabilità molto alta.

APPLICAZIONE DEL METODO AVI



GRADO DI VULNERABILITA'

*ESTREMAMENTE BASSO –
ESTREMAMENTE ELEVATO*

Carta della vulnerabilità intrinseca redatta mediante metodo AVI

- *nella zona più a monte, il grado di vulnerabilità è **molto basso**;*
- *nella zona centrale, il grado di vulnerabilità varia tra **basso e medio** e ciò senz'altro dovuto all'aumentare della soggiacenza in questa parte;*
- *nella zona più a valle, il grado di vulnerabilità varia da elevato a estremamente elevato, in prossimità della foce e questo è senz'altro dovuto alla scarsa soggiacenza e all'elevata permeabilità dei terreni alluvionali (e una resistenza idraulica molto bassa).*

CONFRONTO FRA LE CARTE DI VULNERABILITA' REDATTE CON IL METODO AVI E IL METODO SINTACS

Metodo AVI



*Grado di vulnerabilità
variabile da
estremamente basso a
estremamente elevato.*



*Maggiore
diversificazione dei
punteggi in tutta la
zona, a partire dalla
zona superiore, in
prossimità del bacino
artificiale, fino alla foce.*

Metodo SINTACS



*Grado di vulnerabilità
variabile da medio a
elevato.*



*Minore diversificazione
dei punteggi in tutta la
zona come testimonia il
fatto che la vulnerabilità
è generalmente media
tranne che nella zona
prossima alla foce.*

CONCLUSIONI

Entrambi i metodi hanno dimostrato, nonostante le quantità relativamente limitate di dati, l'elevata vulnerabilità all'inquinamento della falda della Piana dell'Alento e in particolare in prossimità della costa tirrenica dove la soggiacenza è estremamente bassa.

- **METODO AVI** → *più appropriato perché consente una maggiore diversificazione dell'area indagata;*
- **METODO SINTACS** → *applicato a livello territoriale → maggiore omogeneità della vulnerabilità.*



Un esame più approfondito della vulnerabilità di questi terreni, basato su una quantità di dati maggiore, porterebbe a dei risultati più precisi che potrebbero essere di notevole supporto agli amministratori dell'area cilentana.