

COMUNE DI APRILIA

Provincia di Latina

STUDIO DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI SOGGIACENTI IL TERRITORIO COMUNALE

**REDAZIONE CARTOGRAFIA TEMATICA DEL COMUNE DI APRILIA
PROPEDEUTICA ALL'AGGIORNAMENTO DEL REGOLAMENTO AGLI SCARICHI**

(Determinazione n. 311 del 28/05/2014 del IV settore - Urbanistica)

Nota Tecnica Geologica ed Idrogeologica

Richiedente:

Amministrazione Comunale di Aprilia (LT)
IV settore - Urbanistica

Il Tecnico responsabile dello studio

Geol. Massimiliano Ferrari

I collaboratori tecnici

Geol. Paolo Di Cesare

Geol. Fabrizio Rinaldi

LUGLIO 2014

PREMESSA	3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	4
ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E CARTA GEOLITOLOGICA	9
ASSETTO GEOMORFOLOGICO E CARTA GEOMORFOLOGICA	9
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	16
ASSETTO IDROGEOLOGICO E CARTA IDROGEOLOGICA	19
Acquiferi e conducibilità idraulica	20
METODOLOGIA DI STUDIO DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	25
Metodo Sintacs	27
ASSEGNAZIONE PUNTEGGI E PROCEDURA DI CALCOLO DELLA VULNERABILITÀ	29
Soggiacenza	29
Infiltrazione efficace	30
Non - saturo (effetto di autodepurazione del)	31
Tipologia della copertura	33
Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del)	34
Conducibilità idraulica dell'acquifero	35
Superficie topografica (acclività della)	36
Impatti e linee dei pesi	37
Procedura di calcolo dell'indice di vulnerabilità	40
Risultanze dello studio di vulnerabilità	41
CONCLUSIONI	42
BIBLIOGRAFIA	43

PREMESSA

Con Determinazione Dirigenziale n. 311 del 28/05/2014 del IV Settore Urbanistica la Geoambiente soc. coop a r.l. riceveva incarico dal Comune di Aprilia per la redazione della cartografia tematica e relative note tecniche geologiche e idrogeologiche, propedeutiche all'aggiornamento del Regolamento agli scarichi, attraverso la conduzione dello Studio della Vulnerabilità degli acquiferi sottostanti il territorio comunale.

Lo scopo di tale studio è quello di dotare l'Amministrazione Comunale di Aprilia di strumenti conoscitivi e di supporto alla pianificazione ed al governo del territorio, nell'indirizzo della compatibilità e sostenibilità ambientale.

Lo studio è stato realizzato dalla soc. Coop. Geoambiente a r.l. con il concorso professionale di tecnici esperti nel campo della geologia applicata, dell'idrogeologia, della geologia ambientale, dei processi di informatizzazione dei livelli di studio su piattaforma GIS archiviazione dati ed edizione grafica, di pianificazione urbanistica e con discreta conoscenza specifica del territorio indagato.

Lo studio è stato condotto secondo la seguente articolazione:

- Rilevamento geologico e geomorfologico dell'intero territorio comunale, effettuato a partire dalle risultanze di precedenti lavori eseguiti nel territorio comunale dal Gruppo di lavoro, integrate attraverso i necessari riscontri, controlli e nuovi rilievi di campagna eseguiti per il presente lavoro;
- acquisizione di documenti cartografici ufficiali quali la cartografia aerofotogrammetrica alla scala 1:5.000 (C.T.R.N.) del territorio comunale;
- acquisizione di tutti i fascicoli di indagini geognostiche, geofisiche, geotecniche, edite e non, afferenti sia interventi pubblici sia opere e progetti privati, sia forniti dall'amministrazione che facenti parte degli archivi del Gruppo di lavoro;
- acquisizione dei dati disponibili circa le perforazioni e l'esercizio di pozzi censiti (ISPRA *adempimento della Legge 464/84 – Comune di Aprilia "Dati caratteristici dei pozzi perforazioni e sorgenti ricadenti nel territorio comunale"*);
- misure freatiche di controllo;
- ricognizione dei Piani Comunali e Sovraordinati;
- ricognizione della vincolistica;
- analisi critica del materiale acquisito.

Lo Studio della Vulnerabilità degli Acquiferi Sottostanti il Territorio Comunale di Aprilia, oltre al presente documento **Nota Tecnica Geologica e Idrogeologica**, si compone dei seguenti elaborati documentali:

- carta litostratigrafica (quadro di unione in scala 1:25.000 e 4 stralci in scala 1:10.000)
- carta delle criticità geomorfologiche ed idrauliche (quadro di unione in scala 1:25.000 e 4 stralci in scala 1:10.000)
- carta idrogeologica (quadro di unione in scala 1:25.000 e 4 stralci in scala 1:10.000)
- carta della vulnerabilità (quadro di unione in scala 1:25.000 e 4 stralci in scala 1:10.000)
- Documento *CRITERI E INDICAZIONI PER LA TUTELA DELLA RISORSA IDRICA E DEL SUOLO*.

La base cartografica adottata per la redazione delle carte tematiche elencate è la Carta Tecnica Regionale Numerica (C.T.R.N.) in scala 1:5.000.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il comune di Aprilia si colloca in una posizione geologica e geomorfologica particolare, tra la zona costiera e il margine occidentale dell'apparato vulcanico dei Colli Albani. La particolare posizione geomorfologica dell'area è evidenziata dalla presenza in affioramento di terreni sedimentari argillosi e sabbiosi di origine marina, di depositi piroclastici vulcanici e di sedimenti quaternari continentali. L'assetto stratigrafico e strutturale è comunque connesso con l'evoluzione del distretto vulcanico dei Colli Albani.

L'unità geologica di base, conosciuta solo attraverso indagini geofisiche e da alcuni sondaggi profondi è formata da una complessa struttura formatasi prevalentemente tra il Miocene superiore ed il Pliocene inferiore con una serie di *thrust* vergenti verso E-NE. La successione pre-orogena non affiora nel territorio comunale, ma ne costituisce la struttura profonda, il tetto di tale successione è stato intercettato a profondità diverse, da un minimo di poche centinaia di metri (sondaggio Falcognana; AGIP, dati inediti) ad un massimo di oltre 1100 m al di sotto del piano campagna (sondaggio AGIP -1986- Fiume Astura 1).

Tale successione è strutturalmente organizzata in alti e bassi strutturali legati alla tettonica estensionale Plio-Pleistocenica spesso sovrapposta su *thrust* preesistenti a direzione NO-SE. Al di sopra del basamento meso-cenozoico deformato, durante il periodo che va dal Pliocene fino all'Olocene lungo tutto il margine tirrenico, all'interno di bacini sedimentari orientati principalmente NO-SE si instaura una sedimentazione terrigena marina post-orogena.

Durante il Pleistocene inferiore la costa laziale assunse approssimativamente il suo aspetto attuale, con una regressione da ambiente di mare aperto a continentale. A partire dal Pleistocene medio, l'intera area fu interessata da una vasta attività vulcanica rappresentata dal distretto vulcanico Albano da cui vennero eruttati migliaia di chilometri cubi di magma. La conseguente messa in posto di ingenti spessori di materiale piroclastico derivante dall'attività vulcanica ha conferito all'intera regione una morfologia piuttosto dolce, che è stata ripetutamente incisa durante i periodi "freddi" glaciali in cui si è avuto un notevole abbassamento del livello marino e colmata durante i periodi "caldi" interglaciali in cui il livello del mare ha subito una notevole risalita.

Le unità post-orogeniche terrigene comprendono una successione di depositi sedimentari che variano da un ambiente di mare aperto profondo, formazione di Monte Vaticano (Pliocene), a quello marino di mare basso (Monte Mario) fino a quelle formate da terreni tipicamente di ambiente continentale, fluvio-deltizi, vulcanici e vulcano-sedimentari del Pleistocene medio-Olocene. All'interno della successione sono presenti molte superfici di discontinuità sia regionali sia locali, che riflettono le complesse relazioni tra tettonica, vulcanismo e sedimentazione.

Le superfici di discontinuità più importanti, partendo da quella più antica, sono quella relativa alla formazione di Monte Vaticano di età medio-pliocenica, quella presente nella parte bassa del Pleistocene inferiore alla base dei sedimenti marini del Pleistocene inferiore della formazione di Monte Mario, alla successiva superficie che ospita al di sopra i sedimenti continentali del paleodelta del Tevere (formazione di Ponte Galeria). Al di sopra di questa superficie se ne riconoscono altre che sono legate alle principali oscillazioni del livello marino durante il Pleistocene medio e superiore colmate da depositi in facies fluvio-lacustri lungo le principali valli e marini lungo la costa (formazione di Valle Giulia, formazione Aurelia, formazione di Vitinia, unità di Tenuta Campo Selva, unità di Riserva della Macchia. A partire da circa 600.000 anni fa ha inizio l'attività dei vulcani laziali (BARBERI et al., 1994).

Il vulcanismo del Lazio, sviluppatosi a partire dalla fine del Pliocene, è parte della *Provincia vulcanica tosco-laziale* impostasi in una fascia strutturalmente depressa (il cosiddetto Graben principale) parallela alla costa tirrenica; l'area è compresa tra il settore più elevato della catena appenninica e le zone costiere, al

marginale del bacino del Tirreno caratterizzato da una crosta di tipo oceanico di età pliocenica. Le rocce vulcaniche della provincia tosco-laziale possono essere raggruppate in diverse serie comprendenti rocce da acide ad intermedie e rocce alcalino-potassiche. Il comune di Aprilia ricade nel bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante occidentale del Distretto Vulcanico dei Colli Albani. Il Distretto vulcanico dei Colli Albani appartiene alla Provincia Romana potassica Quaternaria; insieme agli altri centri vulcanici laziali collegato all'estensione (e quindi assottigliamento) crostale del bacino tirrenico e, presenta un magmatismo alcalino potassico prevalentemente esplosivo, con tenore di SiO₂ inferiore al 50% (Trigila et alii, 1995).

Il Vulcano Laziale, come anche viene chiamato il Distretto vulcanico dei Colli Albani, inizia la sua attività con molta probabilità contemporaneamente agli altri distretti alcalino potassici, ma la prima data radiometrica disponibile indica un'età di circa 561.000 anni e si riferisce alla prima grande unità esplosiva in colata piroclastica emessa durante il primo ciclo di attività del primordiale apparato centrale Tuscolano-Artemisio (Tufo di Trigoria – Tor De' Cenci) (Palladino et alii, 2001).

Per semplicità, l'attività del Distretto vulcanico dei Colli Albani, viene divisa in tre fasi principali:

1) Fase del Tuscolano-Artemisio (600.000-350.000 anni circa).

Questa fase fu la più importante della vita del vulcano ed è caratterizzata dalla messa in posto di numerose colate piroclastiche e di piroclastiti da caduta che coprono un'area di oltre 1500 km². In questo periodo furono eruttati più del 90% in volume dei prodotti, circa 283 km³ (De Rita et alii, 1990 - 1992). La composizione chimica, mineralogica e petrografica, dei maggiori depositi piroclastici della fase del Tuscolano-Artemisio (T.A.) rappresenta un'anomalia su scala planetaria, poichè le zone di assottigliamento crostale sono, normalmente caratterizzate da termini basaltici con tenori di SiO₂ maggiori del 50%. Essa varia da termini tefritici a tefri-fonolitici e k-foiditici, ovvero prodotti ricchi in sodio e potassio sottosaturi in SiO₂ (Trigila et alii, 1995). I depositi risultanti consistono in bancate di ceneri, scorie ed inclusi litici sia litificati che incoerenti, noti rispettivamente come "tufi" e "pozzolane". Le unità piroclastiche derivanti dalle eruzioni più importanti del T.A. sono, in ordine cronologico:

- il "Tufo di Trigoria-Tor de'Cenci" (citato in precedenza), che insieme al successivo "Tufo del Palatino" (circa 528 ka), fa parte dei depositi noti come "tufi pisolitici";
- le "Pozzolane Rosse" (452 ka);
- le "Pozzolane Nere" (407 ka);

il "Tufo Lionato", con il "Tufo di Villa Senni" e le "Pozzolanelle", rappresenta il prodotto dell'Eruzione di Villa Senni, (355 ka), cui ha fatto seguito la formazione dell'omonima caldera.

Secondo la stratigrafia recentemente rivista dell' Unità di Eruzione di Villa Senni (Freda et alii, 1997) la successione eruttiva viene sintetizzata, dalla base al tetto, come segue:

1. depositi piroclastici cineritici da surge a laminazione incrociata, con tracce di vegetazione non carbonizzata, rappresentati con uno spessore massimo di 15 cm attorno all'attuale caldera Tuscolano-Artemisio, ad eccezione del settore meridionale;
2. depositi di lapilli scoriacei da ricaduta con gradazione inversa, dello spessore massimo maggiore di 75 cm, distribuite nei settori nord e nord-orientale dell'area del T.A.
3. unità di flusso piroclastica inferiore (lower pyroclastic flow unit – LFU);
4. unità di flusso piroclastica superiore (upper pyroclastic flow unit – UFU);
5. cineriti contenenti lapilli di accrezione, che si trasformano verso l'alto in paleosuolo, rappresentate in modo discontinuo.

Il volume minimo di tutti questi prodotti eruttivi è stimato in circa 25 km³.

La LFU, rappresentata dal "tufo lionato", è largamente distribuita intorno alla caldera T.A., in un'area di circa 1200 km² con uno spessore massimo di 20 m nelle paleovalli.

La UFU varia da un litotipo non consolidato ("pozzolanelle", Fornaseri et alii, 1963) ad un litotipo consolidato ("tufo di Villa Senni", Fornaseri et alii, 1963). Sia la matrice, sia i clasti scoriacei sono caratterizzate da abbondanti cristalli di leucite. Inoltre si ritrovano comunemente inclusi di lava e xenoliti olocristallini ("Italiti", Washington, 1920, 1927; Trigila et alii, 1995). La UFU è anch'essa largamente distribuita intorno alla caldera T.A. e raggiunge spessori di oltre 15 m (Freda et alii, 1997).

In questa prima fase di attività dei Colli Albani, appaiono nettamente subordinati gli episodi effusivi, che tuttavia hanno originato l'importante espandimento lavico di Vallerano-Acquacetosa (460 ka) (Palladino et alii, 2001).

Alla fine di questa fase si verifica il collasso della parte centrale del vulcano per lo svuotamento considerevole della camera magmatica sottostante, seguito da un periodo di diminuita intensità eruttiva, con attività di coni di scorie essenzialmente pericalderici e intracalderici.

2) Fase delle Faete (300.000-250.000 anni circa).

La seconda fase di attività, ha avuto un carattere misto: eruzioni esplosive, di intensità notevolmente ridotte rispetto all'attività del T.A., ed effusive, che hanno portato alla costruzione dell'edificio vulcanico delle Faete al centro della precedente caldera, il cui recinto esterno è costituito dai monti Artemisio e Tuscolano (Palladino et alii, 2001). Il volume di materiale eruttato dalla fase delle Faete è stimato in circa 6 km³ (De Rita et alii, 1990 - 1992).

3) Fase idromagmatica (200.000-20.000 anni circa).

La terza fase di attività è stata caratterizzata da eruzioni tipicamente idromagmatiche, ovvero eventi nei quali avviene un'interazione esplosiva tra il magma in risalita e l'acqua delle falde freatiche. Ciò determina una notevole frammentazione dei prodotti eruttivi e la loro espulsione violenta. I volumi eruttati sono di modesta entità e limitata la dispersione areale dei materiali depositi. Tale attività ha dato luogo alla formazione di numerosi apparati vulcanici eccentrici, di dimensioni relativamente modeste: i tipici "anelli di tufo", caratterizzati da un cratere di esplosione e versanti esterni generalmente poco acclivi.

I centri idromagmatici più antichi, Castiglione, Prata Proci e Pantano Secco (ubicati a N del Distretto dei Colli Albani) sono probabilmente contemporanei alla fase delle Faete, mentre a partire da circa 200 ka si originarono i centri ubicati a W e SW dell'edificio delle Faete: dapprima Ariccia e Nemi, poi Giuturna e Albano. In particolare, la conca occupata dal Lago Albano si è formata a seguito di ripetute eruzioni avvenute fra 70.000 e 20.000 anni fa circa. Sembra accertato che essa rappresenti il sito delle manifestazioni eruttive più recenti dell'intero Distretto dei Colli Albani (Palladino et alii, 2001).

Il volume di materiale eruttato da quest'ultima fase è di circa 1 km³ (De Rita et alii, 1990 - 1992).

Ad ogni parossismo eruttivo si determina la messa in posto, in tempi molto brevi, di una notevole quantità di prodotti, sotto forma sia di piroclastiti di ricaduta, che ricoprono la topografia preesistente, sia di depositi da colata piroclastica o "ignimbriti" che al contrario tendono a concentrarsi nelle depressioni e ad invertire e spianare la morfologia. Questi ultimi depositi, in particolare, giocano un ruolo fondamentale nella trasformazione dei caratteri morfologici del territorio, modificandone radicalmente la topografia e l'idrografia. Durante la messa in posto delle principali colate piroclastiche, che avviene in un lasso di tempo compreso tra 600 e 300 mila anni, prosegue la normale sedimentazione, attraverso cicli deposizionali controllati dalle variazioni eustatiche. Alle fasi erosive legate alle regressioni della linea di costa si sovrappongono, tuttavia, la tettonica ed una serie di processi legati alla messa in posto dei prodotti vulcanici. I rapporti stratigrafici tra le diverse unità vulcaniche e sedimentarie risultano pertanto assai complessi.

Al termine dell'attività vulcanica, nel territorio sostanzialmente collocabile tra la S.R. n. 148 – Pontina e il mare, a seguito della rapida successione di ambienti di transizione tra ambiente marino e ambiente continentale, diventa dominante la facies di duna costiera. L'evoluzione dei tomboli costieri è stata favorita dalla enorme quantità di materiali emessi dal distretto vulcanico dei Colli Albani, in parte finiti anche in mare, dai continui abbondanti apporti dei corsi d'acqua che si andavano intestando nella fascia circumvulcanica e, soprattutto, dai materiali alluvionali del Tevere. Con la regressione del mare, si sono formati numerosi cordoni dunari, tra loro subparalleli, che si prolungano, con direzione N W – S E, dal territorio di Aprilia fino alle falde del Monte Circeo. Tale sistema, costituito prevalentemente da sabbie, individuato originariamente con il nome di "duna antica", è riferibile al Pleistocene superiore.

Nelle depressioni vallive generate dai processi erosivi sin e post vulcanici sono presenti notevoli spessori di vulcaniti rimaneggiate e risedimentate ad opera dalle acque superficiali. Spessori significativi di tali terreni sono stati individuati nel settore orientale del territorio comunale (Carano-Campoverde).

In sintesi, in tutta l'area, tra il mare e i settori più prossimi all'apparato Vulcanico, in funzione della posizione morfologica e dell'azione dei processi erosivi quaternari, al di sopra delle formazioni marine plio-pleistoceniche sono presenti formazioni quaternarie di diversa natura:

- verso il settore costiero, dove il substrato pliocenico si presenta in posizione strutturale più elevata e inciso, al tetto, dalle superfici di erosione marina, le argille e sabbie marine plio-pleistoceniche sono talvolta ricoperte direttamente dalle sabbie del Pleistocene superiore;
- spostandosi verso l'entroterra, il tetto delle successioni marine plio-pleistoceniche si approfondisce per la tettonica, mentre la superficie topografica si eleva progressivamente, raccordandosi con le pendici occidentali dell'edificio vulcanico albano; in quest'area, il basamento sedimentario è ricoperto da notevoli spessori di depositi piroclastici.

Inoltre, sono individuabili zone di "alto strutturale", intese come aree in cui il substrato plio-pleistocenico è rialzato rispetto alle quote medie, compresa tra Campoverde e Loc. Riserva Nuova/Camilleri, e due zone di approfondimento del substrato pre-vulcanico presenti: a SE, verso la valle del Fiume Astura; a NW, in corrispondenza della depressione della valle del Fosso Grande-Ardea, **graben trasversale di Ardea**.

ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E CARTA LITOSTRATIGRAFICA

In considerazione dei rilievi geologici eseguiti è possibile schematizzare il territorio Comunale di Aprilia dal punto di vista geologico stratigrafico in un sub-strato Plio-Pleistocenico (argille e sabbie di origine marina) a cui si sovrappone una sequenza di terreni di copertura riferibili al Pleistocene medio-superiore formati da depositi vulcanici, depositi marini e infralitorali, eolici, fluvio-deltizi e di ambiente palustre.

In sintesi, sul territorio del Comune di Aprilia affiorano i seguenti principali litotipi:

- depositi alluvionali e colluviali, presenti nelle zone di fondovalle e, con spessori significativi, nella vasta zona pianeggiante a Est del nucleo urbano storico di Aprilia;
- sabbie e sabbie limose, presenti con continuità e spessori significativi nel settore occidentale e sud-occidentale del territorio comunale;
- lave leucitiche stratigraficamente sovrastanti le Unità piroclastiche di Villa Senni (lave di Campoleone), presenti, con spessori accertati limitati, verso il limite nord-orientale del territorio comunale;
- depositi piroclastici legati all'attività vulcanica del distretto Tuscolano Artemisio.

I terreni del sub-strato Plio-Pleistocenico, riferibili alla formazione di Monte Mario (facies sabbiosa) e di Monte Vaticano (facies argilloso-marnosa), non risultano affioranti nel territorio comunale. La facies sabbiosa, con spessori fino a molte decine di metri, e la successiva facies argilloso-marnosa, con spessori di molte centinaia di metri, possono essere assunte come substrato locale.

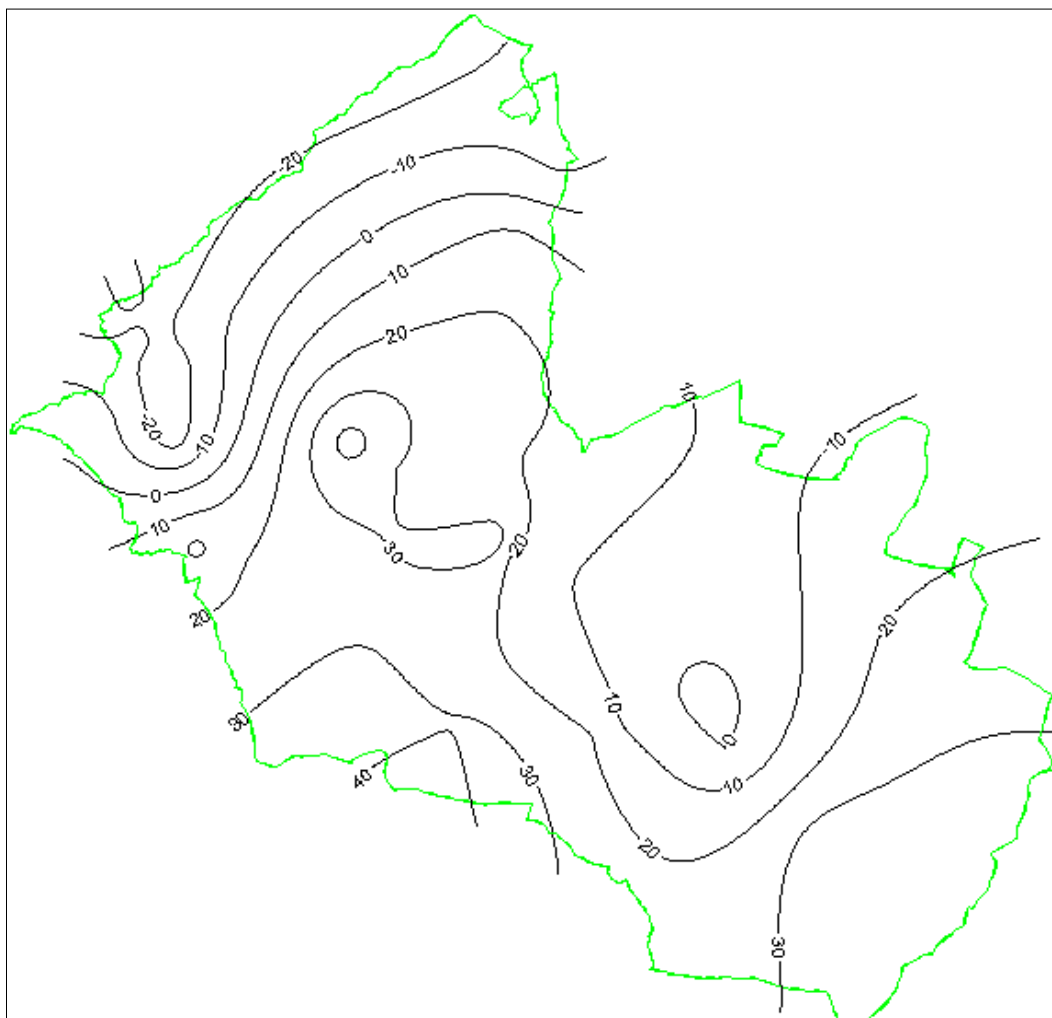
In sovrapposizione ai depositi del sub-strato Plio-Pleistocenico troviamo una sequenza di terreni piroclastici del Pleistocene medio superiore, con spessori piuttosto variabili da 20 – 70 m, fino ad oltre 100 m nelle zone topograficamente più elevate e vicine all'apparato vulcanico.

Nella fascia meridionale più prossima al limite comunale, dove non è presente la serie piroclastica, i depositi stratigraficamente sovrastanti il complesso sabbioso-argilloso-marnoso del Plio-Pleistocene, sono riferibili a sabbie marine, infralitorali ed eoliche correlabili con i depositi dell'Unità Tenuta di Campo Selva o di duna antica, con spessori fino a 15 m.

Nel settore occidentale del comune di Aprilia, sostanzialmente nell'area compresa tra la fascia prima descritta e la S.R. 148 Pontina, al disopra del complesso sedimentario Plio-Pleistocenico sono presenti, con spessori variabili fino ad un massimo di 40 m terreni piroclastici riferibili alla Fase del T.A., a cui si sovrappongono, con spessori fino a 10-15 metri terreni sabbiosi riferibili all'Unità di Tenuta Campo Selva o dunari antichi.

Muovendosi in direzione Nord e Nord-Est verso la parte collinare del territorio comunale la sequenza sedimentaria Plio-Pleistocenica è ricoperta da una coltre di spessore variabile da alcune decine di metri fino oltre 150 m di depositi piroclastici, da incoerenti fino a litoidi, riferibili all'attività del vulcano laziale. Intercalate nella sequenza piroclastica, a diverse altezze stratigrafiche, sono presenti colate laviche, con spessori variabili fino ad un massimo di 15-20 m.

Dall'analisi delle stratigrafie analizzate è stato possibile ricostruire l'andamento della base dei depositi vulcanici, di seguito rappresentato, dato che ha consentito la stima della conducibilità idraulica media dei complessi idrogeologici individuati, come meglio descritto nel capitolo dedicato all'idrogeologia.



Andamento della base dei depositi vulcanici (m s.l.m.)

Sulla base di una accurata revisione a scala di dettaglio delle cartografie già redatte, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, nonché ad un controllo in campagna mediante rilevamento, è stata elaborata e redatta la **Carta Litostratigrafica alla scala 1:10.000**.

Per le finalità stesse del lavoro, i terreni affioranti sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati.

Le diverse unità litostratigrafiche riconosciute sono state correlate singolarmente o in associazione nelle diverse unità e formazioni geologiche conosciute in letteratura. Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, a partire dai termini più recenti verso quelli più antichi, secondo la classificazione proposta dalle Specifiche Tecniche Regionali.

Unità e formazioni affioranti:

Alluvioni recenti: Depositi di riempimento delle principali valli alluvionali costituiti in massima parte da alternanze di strati limo-argillosi e limo-sabbiosi con intercalazioni di argille torbose, poco o per nulla consolidati, saturi d'acqua, con caratteristiche geotecniche scadenti, dovuti al debole consolidamento, ed elevato grado di compressibilità. Spessore fino a 20 metri. Età: Olocene

Unità di Tenuta Campo Selva: Depositi di terrazzamento marino antico e dunari formati da sabbie quarzose e ghiaie, più o meno pedogenizzate, di ambiente di spiaggia sommersa e facies costiera. Da mediamente addensate ad addensate. Spessore fino a 15 m. Età: Pleistocene sup.

Lave di Campoleone: Lave grigio scure, da microcristalline a porfiriche, da compatte a vacuolari. Spessore fino a 10 m. Età: Pleistocene medio.

FORMAZIONE DI VILLA SENNI (Unità delle Pozzolanelle): Deposito piroclastico massivo, di colore variabile da viola a nero, da grigio a marrone rossiccio; a matrice cineritico grossolana-lapillosa, povero in fini e ricco di cristalli di leucite, biotite e clinopirosseno, contenente grosse scorie nere, generalmente incoerente, a luoghi a compattezza semilitoide e litoide (**Tufo di Villa Senni**, localmente Tufo "occhio di pesce"). Presenta, comunemente, inclusi di lava e xenoliti olocristallini "Italiti". Lapilli e blocchi di litici lavici e olocristallini possono raggiungere il 30% del deposito. Spesso sono presenti gas-pipes. Terreni da addensati a molto addensati. Età: Pleistocene medio. Spessore: massimo 30 m.

FORMAZIONE DI VILLA SENNI (Unità del Tufo Lionato): Unità piroclastica del Distretto Vulcanico Albano riferibile all'ultima eruzione ignimbratica di grande volume dell'apparato Tuscolano-Artemisio. Tufo litoide, a matrice cineritico-lapillosa con scorie grigie, litici lavici e olocristallini, di colore da giallo a rosso a marrone in gradazione verticale. Litoide. Spessore fino a 20 metri. Età: Pleistocene medio.

Unità delle Pozzolane Nere: Unità piroclastica di colore nero, in facies massiva e caotica, localmente con gas-pipes, a matrice scoriaceo-cineritica, nella quale sono dispersi scorie, di dimensioni fino a 15 cm, litici lavici, olocristallini e sedimentari e cristalli di leucite, biotite e clinopirosseno. Al tetto è frequente una zona litoide per zeolitizzazione. La geometria del deposito è tabulare. Al tetto sono localmente presenti depositi vulcanoclastici massivi tipo debris flow derivanti dal rimaneggiamento dell'unità. Spessore: massimo di 20 m. Età: Pleistocene medio.

Lave del Fosso dei Tre Rami: Lave grigio scure, da microcristalline a porfiriche, da compatte a vacuolari. Spessore fino a 10 m. Età: Pleistocene medio.

ASSETTO GEOMORFOLOGICO E CARTA DELLE CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE E IDRAULICHE

Il territorio del Comune di Aprilia si sviluppa dalle pendici dell'apparato vulcanico dei Colli Albani, fino ai rilievi della prima fascia collinare parallela alla linea di costa che si eleva dalla piana costiera. Le quote altimetriche variano da circa 8 m s.l.m. (lungo la S.P. Laurentina alla confluenza del Fosso di Campo del Fico nel Fosso Grande o dell'Incastro) a circa 167 m s.l.m., in prossimità del confine nord-orientale della municipalità al confine con il Comune di Ariccia.

Il Comune di Aprilia presenta, quindi, una morfologia articolata costituita da due ambienti geomorfologici, con una zona da pianeggiante a sub-pianeggiante a Sud e a Este, ed una zona collinare a Nord e a Ovest. Tale differenziazione risulta evidente nel quadro di unione della carta delle criticità geomorfologiche ed idrauliche, appresso descritta, osservando la distribuzione delle acclività $\leq 2\%$.

Questa articolazione è il risultato di cicli erosivi e deposizionali che si sono succeduti nella storia geologica della provincia romana.

Nell'area indagata si possono individuare quattro bacini idrografici principali:

- il bacino idrografico del Fosso Grande a Nord;
- il Bacino del Fosso Spaccasassi a Est;
- il Bacino dell'Allacciante Astura a Sud;
- il bacino del Fosso della Moletta a Ovest.

La zona settentrionale è caratterizzata dalla presenza di una serie di rilievi collinari che, partendo dalle porzioni più interne dell'edificio vulcanico, vanno dolcemente degradando verso sud, incisi da fossi profondi con rive ripide, che danno origine ad una serie di dorsali collinari allungate in direzione NE-SW. Il capillare reticolo idrografico presente appartiene al bacino idrografico del Fosso Grande (o dell'Incastro), dalla forma irregolare allungata nel senso dell'asta dei fossi, ovvero NE-SW.

La morfologia della porzione occidentale, a Sud del bacino del Fosso Grande, è caratterizzata dalla presenza del bacino del Fosso della Moletta, dalla forma triangolare allungata in direzione E-W, con vertice nella piana costiera.

Il bacino idrografico del Fosso della Moletta presenta andamento sostanzialmente pianeggiante, con ampie zone dolcemente ondulate; l'altitudine è decrescente verso valle con quote massime che non superano i 90 m s.l.m., con le piccole dorsali incise da fossi profondi e ripide pareti.

In relazione all'acclività, è possibile individuare tre classi: la prima interessa i terreni con acclività inferiore al 15% (0 – 8°) e comprendono i depositi piroclastici sciolti, i depositi sabbiosi, i depositi alluvio-colluviali; la seconda classe interessa i terreni con acclività compresa tra il 15 e 30% (8-16°), costituiti dalle pozzolane lungo i versanti delle incisioni vallive; nella terza classe ricadono i terreni con acclività maggiore del 30%, costituiti prevalentemente dal tufo lionato e, lungo le incisioni più profonde, dalle pozzolane nere.

Le porzioni orientali e meridionali del territorio comunale si collocano sostanzialmente in prossimità della transizione tra due ambienti geomorfologici differenti: il versante meridionale del Distretto Vulcanico dei Colli Albani e la Pianura Pontina in s.s. La Pianura Pontina rappresenta una delle principali piane costiere dell'Italia peninsulare, sviluppandosi per circa 50 Km di lunghezza e 20 Km di ampiezza, dalla sponda meridionale del Fosso Grande fino al Monte Circeo, e dalla linea di costa ai Monti Lepini. Essa risulta essere la parte più depressa da un punto di vista morfologico-strutturale dell'intero Lazio ed è stata invasa dal mare, a più riprese, durante il Pliocene e il Quaternario.

La zona orientale si presenta come una vasta piana, relativamente depressa, dove affiorano depositi continentali alluvio-colluviali e di colmata, solcata da numerosi corsi d'acqua di importanza regionale, appartenenti prevalentemente al bacino

principale del Fosso Spaccasassi, fino alla transizione con il bacino dell'Allacciante Astura, dove si osserva una morfologia blandamente ondulata e si rinvennero in affioramento depositi sabbiosi e, marginalmente, depositi piroclastici.

Carta delle criticità geomorfologiche ed idrauliche

E' stata prodotta una carta a base geomorfologica, definita *Carta delle Criticità Geomorfologiche ed Idrauliche*, redatta a partire dalla ricognizione dei Piani Sovraordinati e Comunali. In particolare è stata effettuata una ricognizione delle aree con potenziali e/o manifeste condizioni di rischio e/o pericolo del territorio comunale, individuate dal P.A.I. dell'A.B.R., dal Piano Comunale di Protezione Civile, dagli studi sulla idoneità territoriale (Parere ex art. 13 L.64/74 – D.G.R. 2649/1999) relativi ai 55 nuclei oggetto dell'adozione della Variante di Recupero dei nuclei abusivi.

Nella Carta delle Criticità geomorfologiche ed Idrauliche, redatta su base C.T.R.N. in scala 1: 5.000, ma rappresentata in scala 1:10.000, vengono rappresentate le seguenti criticità:

- aree a pericolo/rischio frana (P.A.I.);
- aree a pericolo/rischio di inondazione, aree di attenzione idraulica (P.A.I.);
- corsi d'acqua ricompresi negli elenchi delle acque pubbliche (D.G.R. 452/05);
- aree prossime a scarpate naturali ed artificiali (Parere ex art. 13 L.64/74 – D.G.R. 2649/1999 Adozione Variante di Recupero dei Nuclei Abusivi);
- aree fortemente acclivi (Parere ex art. 13 L.64/74 – D.G.R. 2649/1999 Adozione Variante di Recupero dei Nuclei Abusivi);
- aree ricadenti in zone d'alveo (Parere ex art. 13 L.64/74 – D.G.R. 2649/1999 Adozione Variante di Recupero dei Nuclei Abusivi);
- aree inondabili (Piano di Protezione Civile Comunale).

Come tematismo secondario vengono rappresentate le aree con acclività $\leq 2\%$, definite aree pianeggianti. L'individuazione di tali aree è avvenuta tramite l'analisi effettuata sulla discretizzazione dell'intero territorio comunale in una griglia costituita da celle quadrate di 80 m per lato. Il dettaglio utilizzato è idoneo per analisi su grande scala, ma insufficiente per analisi a scala di progetto. Come detto in precedenza, con tale tematismo viene evidenziata la presenza di due ambienti geomorfologici sul territorio di Aprilia: uno pianeggiante ascrivibile al

Sistema della Pianura Pontina, l'altro collinare, ascrivibile al Sistema del Distretto Vulcanico dei Colli Albani. Le aree pianeggianti, generalmente, sono caratterizzate da maggiore infiltrazione efficace e difficoltà di drenaggio, presentando, di conseguenza, aree potenzialmente soggette ad impaludamento. La distinzione effettuata attraverso l'individuazione di aree pianeggianti, con tutti i limiti di dettaglio dell'analisi effettuata, si è ritenuta importante come elemento conoscitivo utile alla pianificazione.

La rappresentazione dei corsi d'acqua iscritti nell'elenco delle acque pubbliche si è ritenuta importante in quanto tali corsi d'acqua, ai sensi dell'art. 9 delle N.A. del P.A.I. dell'A.B.R., e spesso in concreto, presentano una potenziale criticità idraulica, determinando nel loro intorno un'area di attenzione idraulica così individuabile: *le aree di attenzione sono delimitate, per ciascun lato del corso d'acqua, dall'intersezione tra il terreno e una retta orizzontale tracciata normalmente all'asse dell'alveo ordinario a una quota superiore di 10 metri dal livello di magra, a una distanza comunque non superiore a 150 metri dalle sponde dell'alveo ordinario.*

Tali aree di attenzione, nelle zone orientali e meridionali del territorio comunale di Aprilia, coincidono di fatto con la zonizzazione del Vincolo Paesaggistico.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I terreni affioranti e sepolti presenti nell'area mostrano caratteristiche di conducibilità idraulica molto variabili sia tra le differenti formazioni geologiche che all'interno della stesse serie stratigrafiche. I terreni di natura vulcanica sono da poco permeabili a permeabili, sia per porosità (pozzolane, tufi stratificati) che per conducibilità idraulica secondaria, dovuta alla fratturazione, i litotipi litoidi, tufi e lave. I depositi sedimentari hanno caratteristiche di conducibilità idraulica molto variabili passando da poco permeabili a impermeabili, relativamente ai termini a granulometria più fina (limo e argilla); da permeabili a molto permeabili gli orizzonti sabbiosi e ghiaiosi. I terreni alluvionali hanno conducibilità idraulica molto diverse, da permeabili a molto permeabili i depositi sabbiosi e ghiaiosi, da poco permeabili ad impermeabili i terreni limosi e argillosi.

Il comune di Aprilia ricade all'interno del sistema acquifero dei Colli Albani.

I limiti della struttura idrogeologica dei Colli Albani possono essere così individuati:
verso N, il limite di potenziale imposto costituito dal F. Aniene;
verso W, il limite di potenziale imposto costituito dal F. Tevere;
Verso E, la struttura carbonatica dei M.ti Lepini;
Verso NE, il limite è incerto ed è costituito da uno spartiacque sotterraneo che divide la circolazione nei depositi vulcanici parte verso la Valle del Sacco e parte all'interno della struttura;
verso SE, il limite viene fatto coincidere, dai vari autori, con il canale delle Acque Alte;
Verso SW, il limite è costituito dai depositi di duna antica.

I differenti gradi di conducibilità idraulica che possono essere associati alle sequenze riconosciute nel distretto vulcanico dei Colli Albani determinano la presenza di falde acquifere distinte nell'ambito dell'edificio vulcanico.

La potenzialità delle falde è proporzionale all'estensione e alla continuità delle rocce permeabili; la maggiore produttività è associata agli orizzonti sabbiosi e/o ghiaiosi sovrastanti le Argille Plio-Pleistoceniche, e ai livelli pozzolanacei (Pozzolane rosse e Pozzolane nere).

In particolare, l'area in studio ricade nel Bacino Idrogeologico del versante occidentale dei Colli Albani, il cui bilancio idrogeologico è rappresentato in tabella sulla base di serie storiche 1997-2005 (G. Capelli et alii – 2005):

2 Bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante occidentale dei Colli albani					
Superficie 509 km ²	Prelievi/Inf. Eff. 91,6%	mm/anno	l/s	Mm ³ /anno	% di P
Precipitazione		750	12.109	381,9	100,0
Evapotraspirazione		366	5.880	185,4	49,0
Ruscellamento		135	2.166	68,3	18,0
Infiltrazione efficace		253	4.062	128,1	34,0
Deflusso di base in alveo misurato		62	1.006	31,7	8,3
Prelievi per usi agricoli		52	840	26,5	7,0
Prelievi per usi industriali		91	1.473	46,5	12,2
Prelievi da pozzi per acquedotti		90	1.452	45,8	12,0
Totale prelievi		233	3.765	118,7	31,2

L'elemento geologico-strutturale che caratterizza il Bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante occidentale del Vulcano Laziale nell'area in studio, è il Graben di Ardea che individua un ispessimento delle unità sovrastanti sabbioso ghiaiose e piroclastiche grossolaneed un conseguente aumento di risorsa idrica disponibile(G. Capelli et alii – 2005).

La struttura del graben di Ardea è costituita da una serie di faglie sintetiche con direzione NE-SW che bordano la depressione che tende a restringersi verso SW.

Da quanto riportato, lo spessore del corpo idrico sotterraneo può variare da 30/40 m fino a circa 100 m, nelle aree poste all'interno del Graben.

Il sistema idrogeologico dei Colli Albani è costituito da tre principali complessi idrogeologici in affioramento (Capelli et alii, 2012):

Complesso dei depositi alluvionali recenti. Complesso costituito da depositi prevalentemente limo sabbiosi ed argillosi in facies palustre e fluvio lacustre, generalmente si tratta di terreni a bassa conducibilità idraulica ed è individuabile a Est del nucleo urbano storico della città (Tenuta di Carano);

Complesso delle sabbie dunari. E' una formazione presente con spessori significativi esclusivamente nel settore sud-occidentale del versante occidentale dei Colli Albani. Esso contiene una falda estesa, originariamente, con acqua di buona qualità, ma facilmente contaminabile da parte sia dell'inquinamento organico e chimico ad opera di sversamenti incontrollati e pozzi neri, sia, nelle zone costiere, dall'ingressione delle acque marine laddove lo sfruttamento della falda sia eccessivo. La conducibilità idraulica delle sabbie dunari, secondo dati reperiti dalla letteratura e da prove effettuate in sito, è mediamente compresa tra 10^{-4} – 10^{-5} m/s.;

Complesso delle piroclastiti (Complesso delle Pozzolane - G. Capelli et alii – 2012): nel complesso sono comprese le ignimbriti e i tufi degli "Autori", esso svolge il ruolo di area di ricarica dei grandi acquiferi regionali; è caratterizzato da conducibilità idraulica variabile da media a medio-alta per porosità e secondariamente per fratturazione ($K = 10^{-2}$ – 10^{-5} m/s), contiene una falda basale di notevole importanza, con falde sospese minori.

Nel comune di Aprilia, vengono riconosciuti altresì altri tre complessi idrogeologici non affioranti o sub affioranti:

Complesso dei depositi clastici eterogenei (sabbioso ghiaioso) (G. Capelli et alii – 2012), costituito da depositi sabbiosi e sabbioso ghiaiosi di piana deltizia a medio alta conducibilità idraulica dell'ordine di 10^{-4} – 10^{-5} m/s tali depositi risultano intercalati da depositi sabbioso argillosi a bassa conducibilità idraulica;

Complesso delle calcareniti organogene (G. Capelli et alii – 2012), costituito da calcareniti e calcari sabbiosi a medio alta conducibilità idraulica dell'ordine di 10-4 m/s per porosità e/o fatturazione. Tali depositi risultano interessati da falde di interesse produttivo quando affioranti o sub affioranti per estensioni significative

Complesso delle lave, costituito da lave leucitiche a conducibilità idraulica variabile da medio alta ad alta per la presenza di una estesa rete di fessure e in corrispondenza delle facies brecciate e scoriacee che si rinvengono generalmente al tetto ed al letto e bassa o nulla dove massive. Tale complesso risulta presente probabilmente in prossimità di tutto il confine settentrionale del territorio comunale.

Il substrato impermeabile della struttura idrogeologica è costituito dalle Argille Plioceniche e Pleistoceniche (Siciliano – Calabriano), intercettate a profondità variabile da alcune decine di metri fino a profondità comunque inferiori a 150-200 metri all'interno del territorio comunale.

ASSETTO IDROGEOLOGICO E CARTA IDROGEOLOGICA

La ricerca bibliografica ha fornito un esteso set di dati di tipo litostratigrafico ed idrogeologico in particolare sono stati omogeneizzati ed informatizzati i dati significativi reperiti dalle seguenti fonti:

- Dati caratteristici dei pozzi perforazioni e sorgenti ricadenti nel territorio comunale (Polytecnica s.r.l. 1988)
- Dati stratigrafici ed idrogeologici ricavati dal volume "Idrogeologia della Provincia di Roma – Regione Vulcanica dei Colli Albani, (Ventrighia U. 1988)
- (<http://sgi1.isprambiente.it/GeoMapView/>) Canale tematico dati e metadati relativi ai sondaggi provenienti dalle comunicazioni pervenute al Servizio Geologico in adempimento della Legge 464/84 e dall'archivio delle concessioni per sfruttamento del sottosuolo.
- Dati caratteristici di perforazioni provenienti dagli uffici tecnici comunali
- Dati di perforazioni ed idrogeologici contenuti nei volumi "Ricerche idriche nella Pianura Pontina II Sezione" redatto per il Consorzio della Bonifica di Latina nel 1959

I dati di livello della circolazione idrica misurati nei pozzi repertoriati hanno consentito di ricostruire in dettaglio l'andamento della superficie potenziometrica in m s.l.m. della circolazione idrica sottiacente il territorio comunale (vedi Allegato 3 - Carta Idrogeologica).

Tale circolazione idrica principale definisce un acquifero multistrato, con flusso radiale dal settore extra-calderico verso la periferia dell'edificio vulcanico.

Un ruolo particolare viene svolto dai corsi d'acqua che, nella parte più prossima alla costa alle quote più basse, drenano il sistema idrico sotterraneo costituendo delle "sorgenti lineari" e tramite l'emergenza di numerose sorgenti puntuali. L'alimentazione idrica di tale circolazione principale avviene per ricarica zenitale su tutto il territorio comunale e per apporti sotterranei provenienti dai settori più a monte dell'acquifero di base del complesso vulcanico Albano.

Si individua uno spartiacque sotterraneo che definisce un sottobacino idrogeologico nel settore est che drena principalmente in direzione del fiume Astura ed un altro sottobacino nel settore ovest che viene drenato dai corsi d'acqua del Fosso della Mola e del Fosso della Moletta.

Il campo potenziometrico ricostruito presenta inoltre due alti anomali in corrispondenza dei settori pianeggianti in località La Gogna-Casello 45 (toponimi Santappetito- Crescimonio) e in località "Campoverde-Cossira (toponimi Farnetozzo-Montebello); tali alti della superficie potenziometrica sono da associare ad un'elevata alimentazione zenitale dell'acquifero in tali settori che avviene attraverso i terreni sabbiosi di terrazzamento antico e dunari della Unità di Campo Selva. Tali zone di alto probabilmente costituiscono un acquifero freatico solo parzialmente in continuità idraulica con la circolazione idrica principale e sostenuto localmente da un aquitardo costituito dai tufi terrosi di base della serie vulcanica.

Acquiferi e conducibilità idraulica

Sulla base del set di dati presentato nella tabella che segue, è stato possibile ricostruire l'andamento della base dei terreni vulcanici in m s.l.m., di valutare quindi gli spessori dei differenti acquiferi captati e di stimare, a partire dai dati di portata specifica e spessore acquiferi, la conducibilità idraulica media dei complessi idrogeologici individuati.

ID	Base Vulcanico (m s.l.m.)	Acquifero Vulcanico (spessore m)	Acquifero sabbioso (spessore m)	Q/S (portata sp. m ² /s)	Q (portata m ³ /s)
t 32 9	0	37 + 9 alluvionale	64		
t 32 7 (515)	-4	36 + 10 alluvionale	70		
t 32 8	4	26 + 15 alluvionale	mag di 54		
t 32 4	6	34 + 7 alluvionale	50		
t 31 3 (479)	23	27	31		
t 30 4	42	4 + 4 dune	10		
t 30 3	25	4 + 23 dune	na		
T 28 2	22	2	15		
T 29 1	16	9	21		
T 30 8	na	0	30	na	16 l/s
T 31 1	39	6	27	0.0027	10 l/s
T 34 7	24	13 + 10 alluvionale	na		
s 31 1	25	22	mag di 13		
s 30 4	20	27	37		
s 30 12	23	22	mag di 13		
s 30 11	30	12	60		
S 29 1	45	0	13		
s 28 17	-25	47	60		
S 28 8 (93)	-30	50	50	0.0024	2.4 l/s
S 28 14	-31	51	51		
S 28 31	-26	46	52		
S 28 25	-16	39	60		
S 28 20 (125)	-30	52	45		
r 31 6 (51)	16	34	na	na	9.5 l/s
R 30 4 (21)	-13	73	mag di 2		
R 30 4	41	7	mag di 6		
PA SS Fonte	-2	13	na		
160293	47	3	4	0.00026	0.9 l/s
159182	43	9 + 2 alluvionale	17	0.0015	12.5 l/s
159167	na	na	15	0.00014	1.5 l/s
160294	20	3 + 7 alluvionale	40	0.004	10.8 l/s
161074	inf a 7	mag 53	na		

159025	inf a 0	mag 40	na		
161068	inf a 7	mag 53	na		
153144	13	34	26		
POMEZIA2	-16	36	60	0.0065	40 l/s
ARDEA1	16	4	13	0.001	
ARDEA2	31	7	60	0.00083	
APRILIA1	18	28	75	0.005	30 l/s
G5	37	2	22		
10				0.002	10 l/s
302				0.0012	30 l/s
349				0.88	100 l/s
356				0.18	100 l/s
361				0.46	115 l/s
383				0.007	55 l/s
384				0.01	52 l/s
479				0.0007	14 l/s
487				0.0016	
514				0.0007	
515				0.002	30 l/s
522				0.0009	28 l/s
527				0.003	
528				0.004	
555				0.003	25 l/s
606				0.0075	15 l/s
R 31 7 (21)				0.005	18 l/s
t 30 3				0.0007	14 l/s

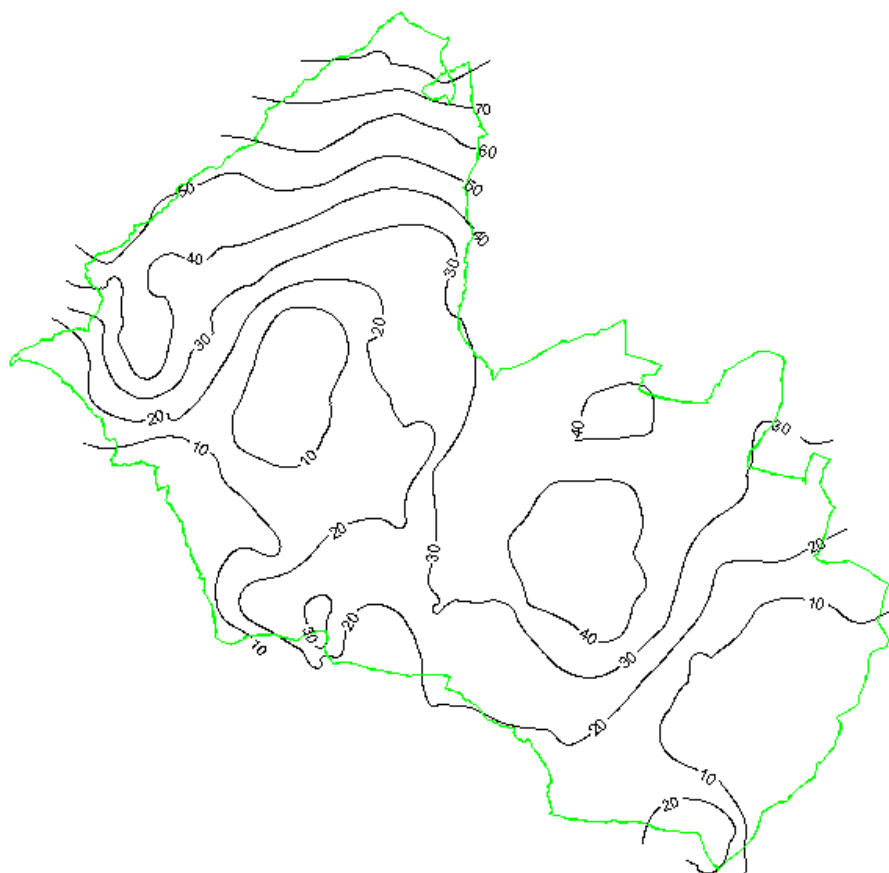
In particolare è stato possibile ricostruire lo spessore saturo del complesso delle Pozzolane, sottraendo all'andamento della superficie potenziometrica della circolazione idrica (m s.l.m.) l'andamento della base dei depositi vulcanici (m s.l.m.).

I dati litostratigrafici ed idrogeologici reperiti hanno consentito quindi di discriminare due principali complessi idrogeologici produttivi che insistono all'interno del territorio comunale definiti come segue e rappresentati

cartograficamente nella Carta Idrogeologica (Allegato 3) allegata al presente rapporto.

Complesso delle Pozzolane: complesso idrogeologico costituito in prevalenza da terreni acquiferi lapillosi di taglia da media a grossolana con intercalazioni di lave più o meno fessurate e piroclastiti litoidi generalmente poco produttive.

Nell'area in esame tale complesso risulta definito ai sensi del presente studio dove presenta spessori saturi superiori a 20 metri raggiungendo spessori saturi fino a 60-70 metri.



Spessore saturo del complesso delle Pozzolane (m)

Tale complesso è interessato da una circolazione idrica freatica a grande scala che localmente si può rinvenire semiconfinata o confinata in funzione dell'assetto litostratigrafico locale.

Nel settore in esame si tratta di un complesso idrogeologico con potenzialità acquifere da medie a medio alte. I terreni acquiferi generalmente conducono acqua per porosità e si osservano conducibilità idrauliche medie pari a $K_{\text{medio}} = 10^{-5}$ m/sec, risulta individuabile e un considerevole aumento della conducibilità idraulica nei settori ove risultano presenti depositi lavici fessurati e soprattutto in

corrispondenza delle facies brecciate e scoriacee che solitamente si rinvennero al letto e al tetto dei depositi lavici.

La trasmissività risulta chiaramente funzione dello spessore acquifero captato oltre che della conducibilità idraulica del mezzo.

Tale complesso acquifero si rinviene sovrastante il complesso dei depositi clastici eterogenei e il complesso delle calcareniti organogene con il quale individua un unico acquifero che nel settore in esame può raggiungere spessori saturi superiori a 100 metri.

Complesso dei depositi clastici eterogenei (sabbioso ghiaioso) e del complesso delle calcareniti organogene.

Nell'area in esame tale complesso idrogeologico risulta costituito prevalentemente da depositi sabbiosi e sabbioso ghiaiosi intercalati da depositi sabbioso argillosi di piana deltizia e dai depositi dunari antichi precedenti e coevi ai depositi vulcanici.

Nel complesso si tratta di depositi riferibili al Pleistocene medio superiore.

I terreni acquiferi di tale complesso si presentano talora debolmente cementati.

Nel settore sud occidentale del comune sembrano prevalere i termini calcarenitici del Pliocene superiore (Macco) fratturati.

Si tratta di un complesso idrogeologico che in questo settore presenta potenzialità acquifere da medie a medio alte e spessori saturi generalmente dell'ordine di alcune decine di metri ma inferiori a 100 metri ed è interessato da una circolazione idrica freatica a grande scala che localmente si può rinvenire semiconfinata o confinata in funzione dell'assetto litostratigrafico locale.

I terreni acquiferi generalmente conducono acqua per porosità e si osservano conducibilità idrauliche medie pari a $K_{medio} = 1 \times 10^{-4}$ m/sec.

La trasmissività risulta chiaramente funzione dello spessore acquifero captato oltre che della conducibilità idraulica del mezzo.

Tale complesso idrogeologico risulta sottostante spessori generalmente inferiori a venti metri di terreni alluvionali e vulcanici che non presentano significative potenzialità acquifere.

CARTA IDROGEOLOGICA

Sulla carta idrogeologica vengono rappresentati i complessi idrogeologici, i punti di captazione noti, le sorgenti puntuali, le sorgenti lineari e le isolinee di potenziale della circolazione idrica sotterranea (isofreatiche).

Come tematismi secondari vengono rappresentati in carta:

- le aree sottoposte a tutela quantitativa attraverso la D.G.R. n. 1317 del 5 dicembre 2003 *Misure di salvaguardia degli acquiferi vulcanici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini*, come modificata ed integrata dalla D.G.R. n.445 del 16/06/2009 *Provvedimenti per la Tutela del Lago Albano e di Nemi e degli acquiferi dei Colli Albani*;
- le zone di protezione igienico sanitaria relative alle concessioni minerarie di acque minerali ai sensi dell'art. 10 della L.R. n.90/80;
- le zone di rispetto relative alle risorse idriche destinate al consumo umano.

La scelta di rappresentare questi tematismi, oltre a quelli istituzionalmente costituenti una carta idrogeologica, è stata assunta per fornire una immediata visione delle criticità, sia in merito alla disponibilità della risorsa idrica, che ambientale e di tutela; elementi fondamentali per strumenti di supporto alla pianificazione ed alla gestione del territorio.

METODOLOGIA DI STUDIO DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

La vulnerabilità intrinseca o naturale degli acquiferi si definisce come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987).

Essa dipende fondamentalmente da tre processi: il tempo di transito dell'inquinante, le caratteristiche del deflusso sotterraneo, la capacità dell'acquifero di attenuazione dell'impatto degli inquinanti.

La valutazione di questi fattori, quindi la determinazione della vulnerabilità di un acquifero dovrebbe essere effettuata caso per caso, tenendo conto delle

caratteristiche fisiche e chimiche di ogni singolo inquinante presente (o di famiglie di prodotti assimilabili), del tipo di fonte (puntuale, diffusa), dei quantitativi, dei modi e dei tempi di sversamento. E' evidente però che laddove la valutazione sia necessaria per grandi aree si rende necessario l'utilizzo di metodi analitici che permettano una maggiore praticità nell'elaborazione dei dati. Com'è stato ampiamente verificato confrontando approcci diversi applicati alla stessa area – campione (Civita, 1994), la scelta del metodo che meglio si adatta a realizzare una Carta della vulnerabilità per un determinato territorio deve cominciare con una valutazione, il più possibile realistica, del numero, della distribuzione e della qualità dei dati di base disponibili o/e rilevabili.

Esistono pertanto diversi sistemi di elaborazione generalizzata dei dati che consentono una valutazione della vulnerabilità dei corpi idrici.

I metodi di zonazione per aree omogenee valutano la vulnerabilità per complessi e situazioni idrogeologiche (CSI), usando la tecnica di sovrapposizione cartografica, inizialmente per overlay fisico (per es. sovrapposizione di tematismi diversi in forma cartacea), oggi per overlay informatico di supporti georeferenziati, via GIS. Si tratta, in genere di sistemi di valutazione del tipo universale, adatti ad essere usati su territori vasti ed articolati dal punto di vista idrogeologico, idrostrutturale e morfologico. Sono, dunque, particolarmente adatti per generare cartografie tematiche a denominatore di scala medio - grande e ad essere utilizzati per la copertura di interi territori nazionali.

Il principio che informa i diversi tipi di sistemi parametrici è simile: vengono, innanzi tutto, selezionati i parametri sui quali si ritiene di basare la valutazione della vulnerabilità; a ciascun parametro, suddiviso per intervalli di valori o/e per tipologie dichiarate, viene attribuito un punteggio arbitrario crescente in funzione dell'importanza che esso assume nella valutazione complessiva. Viene, quindi, ottenuta la valutazione desiderata per ciascun punto o area presa in considerazione dalla sommatoria dei punteggi.

Tra questi, i sistemi che consentono una miglior parametrizzazione dei dati in caso di aree pianeggianti o pedemontane sono quelli basati sul punteggio e sul peso (PCSM – DRASTIC, SINTACS). I PCSM introducono una o più linee di pesi (weights), cioè un moltiplicatore a gamma fissa per ciascun parametro di base

considerato, che amplifica il punteggio attribuito al parametro stesso in misura preordinata. Ciò, allo scopo di evidenziare l'importanza di uno o più parametri nel definire la vulnerabilità in particolari situazioni idrogeologiche o/e d'impatto antropico.

Nel caso in oggetto per la valutazione della vulnerabilità dell'acquifero è stato scelto il metodo SINTACS, preferito al metodo DRASTIC, come consigliato dalle linee guida dell'ANPA. Questo metodo di valutazione della vulnerabilità dell'acquifero infatti presenta alcune limitazioni quali:

- mancanza di una metodologia consolidata nel valutare la ricarica attiva media annua (net recharge);
- scarso range per molti parametri (infiltrazione, soggiacenza, acclività, etc.);
- scarsa rilevanza data all'azione di attenuazione dei suoli;
- mancanza di una congrua valutazione tramite opportuni moltiplicatori (pesi) degli scambi tra corpi idrici superficiali e acquiferi e, di contro, del fenomeno diluizione;
- contenuto numero di opzioni che è alla base della determinazione dei punteggi per ciascun parametro.

Il DRASTIC, in conclusione, fornisce esplicitamente una valutazione numerica di situazioni idrogeologiche diverse con lo scopo di paragonarle tra loro e non di fornire classi di vulnerabilità distinte utilizzabili nei processi decisionali.

Metodo Sintacs

Come suddetto, il primo passo nell'analisi della vulnerabilità consta in un'attenta ed il più possibile completa raccolta dei dati caratterizzanti il territorio in oggetto.

In questo caso, a seguito di un'ampia raccolta di dati bibliografici, è stata effettuata una campagna di rilevamento geologico ed idrogeologico sul territorio di Aprilia al fine di verificare la situazione litostratigrafica dei terreni, l'assetto geomorfologico dell'area e di verificare il set di dati. Sono state così prodotte tre carte tematiche, la Carta Litostratigrafica (Allegato 1), la carta delle Criticità Geomorfologiche ed Idrauliche (Allegato 2) e la Carta Idrogeologica (Allegato 3) scala 1:25.000.

Sulla base dei dati raccolti e delle informazioni ottenute, è stato possibile applicare al territorio in oggetto il metodo SINTACS.

L'acronimo deriva dalle denominazioni dei parametri che vengono presi in considerazione:

- **Soggiacenza;**
- **Infiltrazione efficace;**
- **Non - saturo (effetto di autodepurazione del);**
- **Tipologia della copertura;**
- **Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del);**
- **Conducibilità idraulica dell'acquifero;**
- **Superficie topografica (acclività della);**

A ciascun parametro selezionato, suddiviso per intervalli di valore e/o tipologie dichiarate, viene attribuito un punteggio crescente, variabile da 1 a 10, in funzione dell'importanza che esso assume nella valutazione complessiva finale. Infine i punteggi ottenuti per ciascun parametro sono moltiplicati per stringhe di pesi che descrivano la situazione idrogeologica e/o d'impatto, enfatizzando in varia misura l'azione e l'importanza dei vari parametri (pcsm = Point Count System Models, quale è appunto sintacs).

Il territorio oggetto dello studio è stato discretizzato in una griglia, in questo caso costituita da un maglia di 27781 celle quadrate di lato pari a 80 m. Per ciascun elemento di maglia (*EFQ elemento quadrato di maglia*) della griglia sono stati assegnati i punteggi relativi ai 7 parametri del metodo.

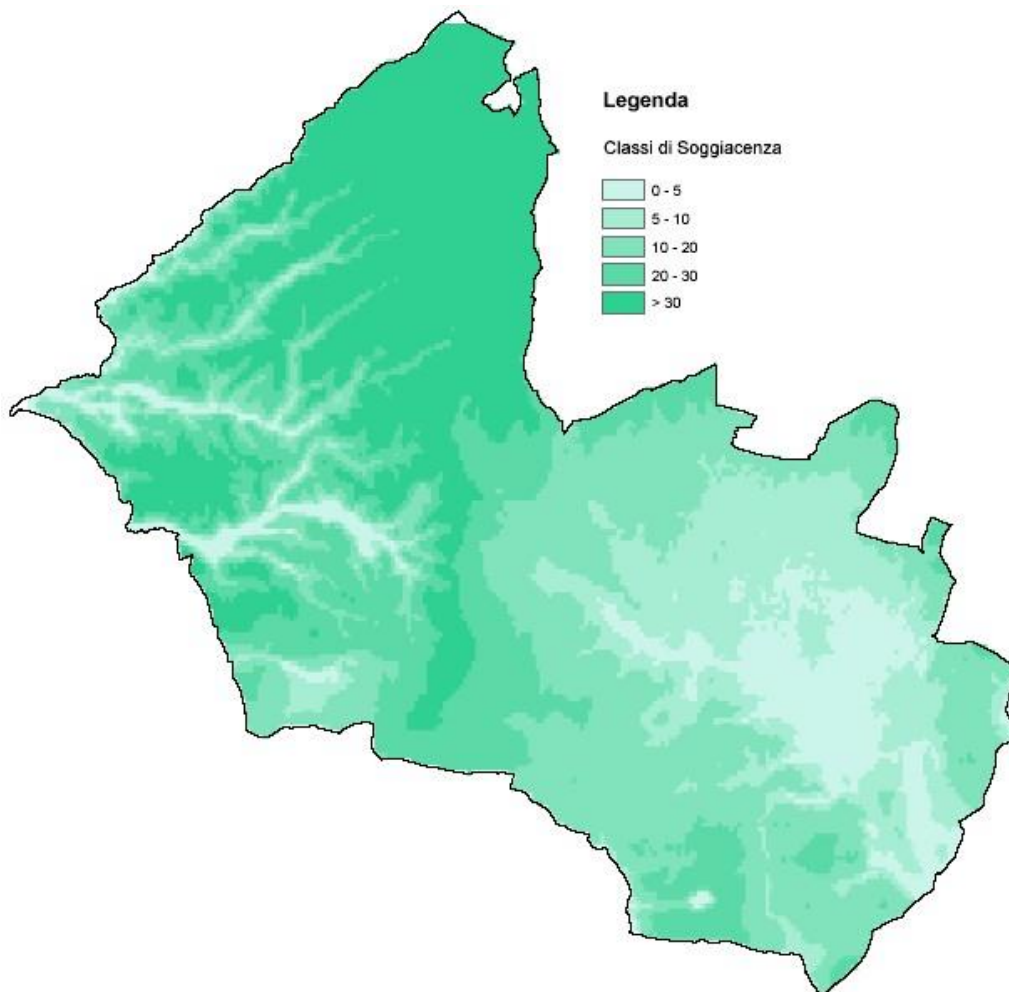
Una volta assegnato ad ogni elemento iesimo di territorio il corretto valore per ogni parametro SINTACS, è stato necessario scegliere il tipo di scenario, ovvero quale stringa di pesi applicare alla situazione oggetto dello studio.

ASSEGNAZIONE PUNTEGGI E PROCEDURA DI CALCOLO DELLA VULNERABILITÀ

Soggiacenza

Questo parametro ha una notevole influenza sulla vulnerabilità degli acquiferi: dal suo valore assoluto e dalle caratteristiche idrogeologiche dell'insaturo dipende, in buona misura, il tempo di transito (tot) di un qualsiasi inquinante idroportato e la durata delle azioni autodepurative dell'insaturo, in particolare dell'azione ossidante dell'ossigeno atmosferico.

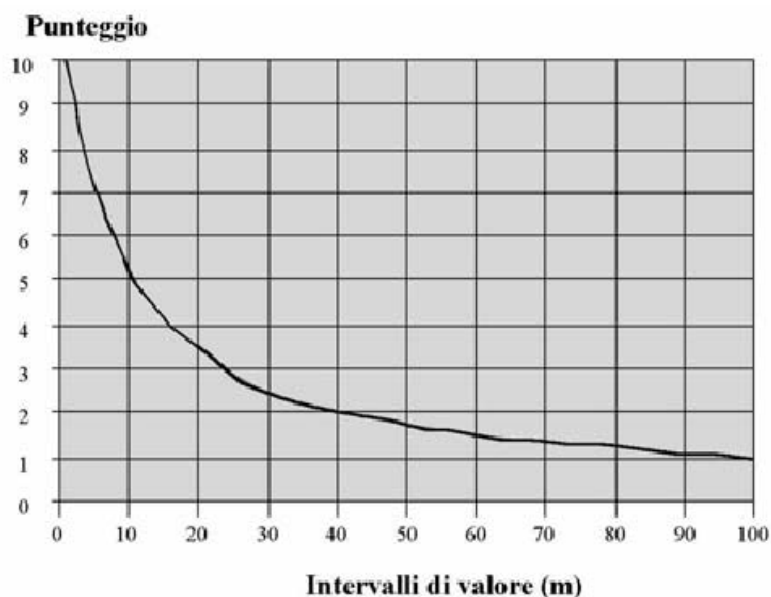
Per il territorio comunale è stata preparata una carta della soggiacenza della circolazione idrica sotterranea in m dal p.c. sottraendo al DTM della superficie topografica il DTM dell'andamento della superficie piezometrica in m s.l.m. della circolazione idrica sottostante il territorio comunale.



Carta della soggiacenza della circolazione idrica sotterranea (m dal p.c.)

In accordo con “ANPA – Manuali e linee guida 4/2001 – Linee guida per la redazione e l’uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento”, la maglia di discretizzazione è stata quindi popolata dei valori relativi al punteggio SINTACS sulla base del seguente schema:

Intervallo di soggiacenza (m)	Punteggio SINTACS
0-5	10
5-10	6
10-20	4
20-30	3
> 30	1.5



Valori della soggiacenza e relativi punteggi (ANPA)

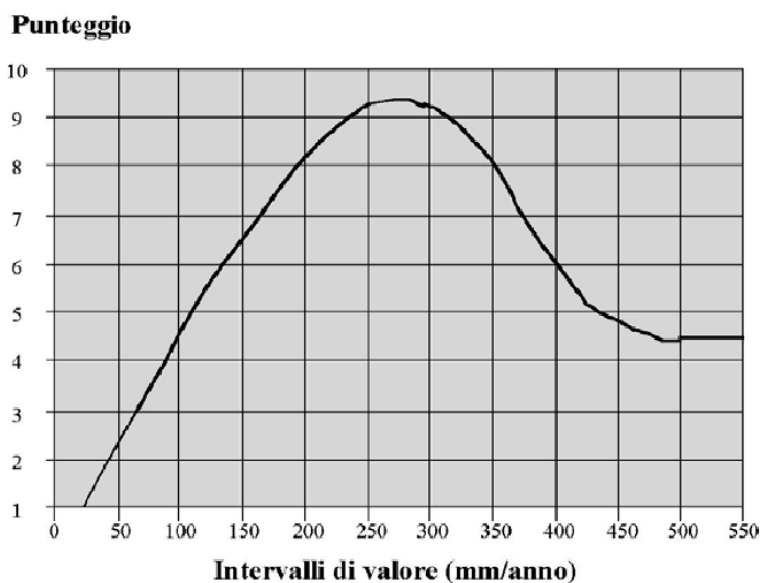
Infiltrazione efficace

L'infiltrazione efficace assume notevole importanza nella valutazione della vulnerabilità poiché essa regola il trascinarsi in profondità degli inquinanti, ma anche la loro diluizione, dapprima nell'insaturo e quindi nella zona di saturazione. Le aree urbanizzate sono state considerate pressoché impermeabilizzate e, dunque, pressoché prive di infiltrazione diretta delle precipitazioni.

Per la stima del punteggio SINTACS da assegnare alla maglia di discretizzazione si è fatto riferimento alle risultanze dello studio “Calcolo dei parametri naturali del Bilancio Idrogeologico (Gazzetti C. et alii, 2005)” contenuto nel volume “Strumenti e strategie per la tutela e l’uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio

– Carta dell'infiltrazione efficace media nel periodo 1997-2001 (Capelli G. et alii, 2005)” con riferimento al Bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante occidentale dei Colli Albani, sulla base del suddetto lavoro e in accordo con “ANPA – Manuali e linee guida 4/2001 – Linee guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento”, la maglia di discretizzazione è stata quindi popolata dei valori relativi al punteggio SINTACS sulla base del seguente schema:

Infiltrazione efficace media annua (mm)	Punteggio SINTACS
0	1
50	2.5
150	6.5
50	9.3
350	8.0
450	4.8



Valori dell'infiltrazione efficace e relativi punteggi (ANPA)

Non - saturo (effetto di autodepurazione del)

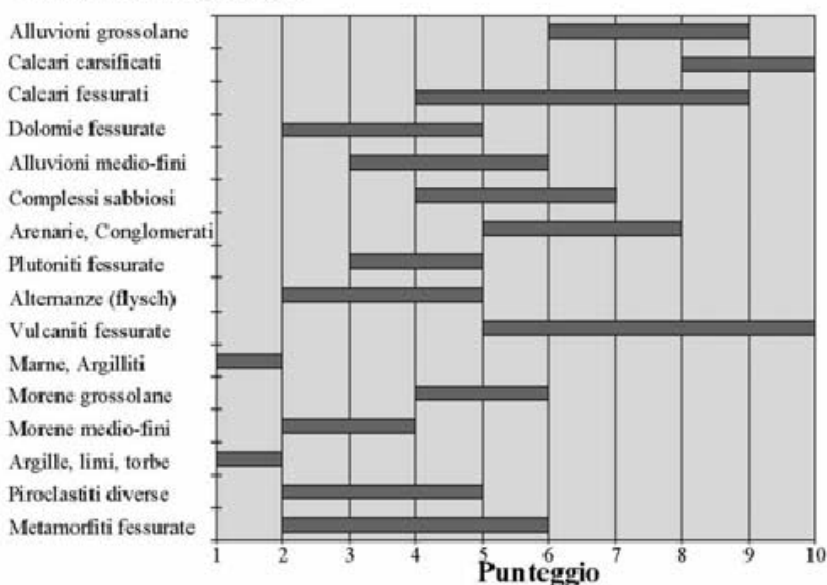
La zona insatura è la parte di sottosuolo compresa tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero. Tale zona, ove avvengono spostamenti prevalentemente verticali dell'acqua sotterranea, è limitata verso il basso dalla superficie piezometrica di un acquifero libero. Nel caso di un acquifero in pressione, il limite inferiore della zona insatura corrisponde invece alla base del livello confinante superiore.

L'effetto di autodepurazione del non-saturo si valuta, dunque, a partire dalle condizioni litologiche dello spessore insaturo (litologia, stato di fratturazione, grado di carsismo, ecc. Si attribuisce un punteggio alla litologia del parallelepipedo insaturo avente per base la singola maglia (EFQ) di discretizzazione. Quando lo spessore insaturo è costituito da diversi tipi litologici, è necessario calcolare la media ponderale riferita allo spessore, che è data dal rapporto tra la sommatoria del prodotto del punteggio (R) di ogni singolo litotipo per il suo spessore (h) e la potenza totale del non-saturo.

Nel caso in esame i punteggi sono stati valutati sulla base dell'assetto geologico ricostruito confrontando i valori della soggiacenza con gli spessori ricostruiti e/o stimati per le differenti litologie affioranti. In accordo con "ANPA – Manuali e linee guida 4/2001 – Linee guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento", la maglia di discretizzazione è stata quindi popolata dei valori relativi al punteggio SINTACS sulla base del seguente schema:

Tipologia del Non Saturo	Punteggio SINTACS
Vulcaniti	3.5
Alluvionale	4.5
Sabbioso	5.5
Alluvionale/Vulcaniti	3.5
Sabbioso/Vulcaniti	4.5

Complessi idrogeologici



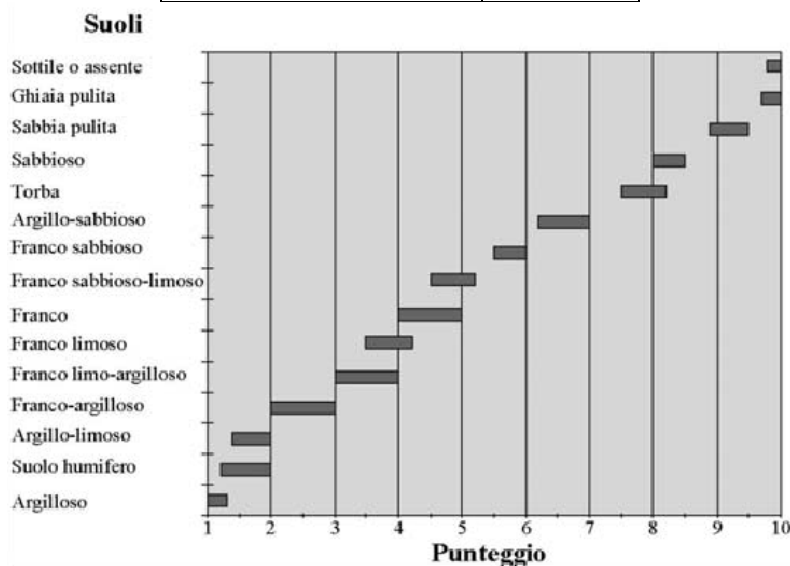
Azione di mitigazione delle rocce componenti l'insaturo e relativi punteggi (ANPA)

Tipologia della copertura

Come è noto, la tipologia dei terreni di copertura, in genere, e dei suoli, in particolare, riveste un ruolo della massima importanza nella mitigazione dell'impatto degli inquinanti e nella valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi e, quindi, nella stesura delle moderne Carte di vulnerabilità. Esso costituisce la prima linea di difesa del sistema acquifero : è al suo interno che si esplicano importanti processi che collettivamente costituiscono il potenziale di attenuazione del suolo.

Per la stima del punteggio SINTACS da assegnare alla maglia di discretizzazione si è fatto riferimento alle risultanze dello studio "I suoli della Provincia di Latina – Carta, database e applicazioni – Banca dati delle Unità Cartografiche (Arnoldus – Huyzendveld , 2009)", sulla base del suddetto lavoro e in accordo con "ANPA – Manuali e linee guida 4/2001 – Linee guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento", la maglia di discretizzazione è stata quindi popolata dei valori relativi al punteggio SINTACS sulla base del seguente schema dove le aree urbane sono state considerate prive di suolo:

Tessitura suolo (USDA)	Punteggio SINTACS
assenza di suolo	10
argilloso	1
franco argilloso	2.5
franco sabbioso limoso	5
franco sabbioso	6
franco	4.5



Caratteristiche tessiture dei suoli e relativi punteggi per la valutazione dell'azione di mitigazione degli inquinanti. (ANPA)

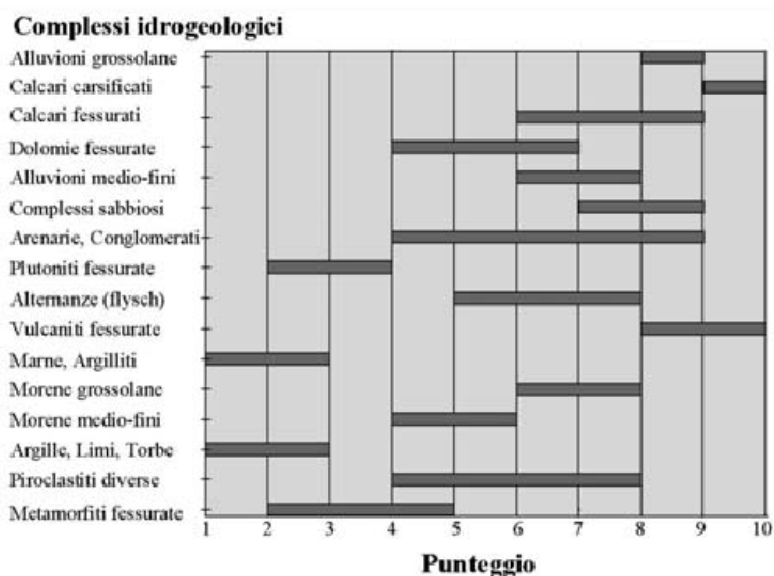
Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del)

La tipologia dell'acquifero (A) è il parametro di SINTACS che descrive i processi che avvengono al di sotto della superficie piezometrica, quando un inquinante idroveicolato giunge a mescolarsi con l'acqua sotterranea dopo aver superato le due linee di difesa costituite dalla copertura e dall'insaturo, con abbattimento di una parte più o meno rilevante della sua concentrazione iniziale.

Come discusso in precedenza, i dati litostratigrafici ed idrogeologici reperiti hanno consentito di discriminare due principali complessi idrogeologici produttivi che insistono all'interno del territorio comunale: il Complesso delle Pozzolane e il Complesso dei depositi clastici eterogenei (sabbioso ghiaioso) e del complesso delle calcareniti organogene.

Sulla base delle facies litologiche riconosciute costituenti i due complessi idrogeologici e in accordo con "ANPA – Manuali e linee guida 4/2001 – Linee guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento", la maglia di discretizzazione è stata quindi popolata dei valori relativi al punteggio SINTACS sulla base del seguente schema:

Tipo di acquifero	Punteggio SINTACS
Complesso delle pozzolane	6
Complesso sabbioso ghiaioso e calcarenitico	8



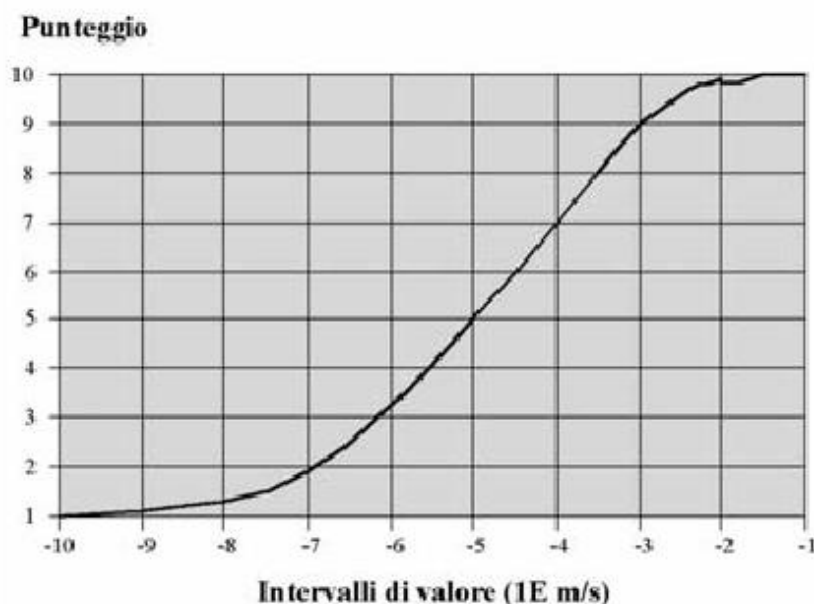
Caratteristiche dei complessi contenenti la zona saturata del sistema acquifero e relativi punteggi. (ANPA)

Conducibilità idraulica dell'acquifero

La conducibilità idraulica regola la capacità di spostamento dell'acqua nel mezzo saturo e quindi di eventuali contaminanti in soluzione tale parametro regola la portata unitaria attraverso una sezione determinata con un gradiente idraulico fissato e in funzione della porosità efficace la velocità di spostamento dei contaminanti idroveicolati verso i punti di recapito e le captazioni.

I valori di conducibilità sono stati ottenuti dalle prove di funzionalità dei pozzi, per i quali esisteva la stratigrafia e un dato di depressione in funzione della portata edotta: da tali dati è stata calcolata la portata specifica (Q/s) e, quindi, una stima di K sufficientemente e precisa per gli scopi del modello. In accordo con "ANPA – Manuali e linee guida 4/2001 – Linee guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento", la maglia di discretizzazione è stata quindi popolata dei valori relativi al punteggio SINTACS sulla base del seguente schema

Tipo di acquifero	Conducibilità idraulica media K (m/s)	Punteggio SINTACS
Complesso delle pozzolane	0.00001	5
Complesso sabbioso ghiaioso e calcarenitico	0.0001	7

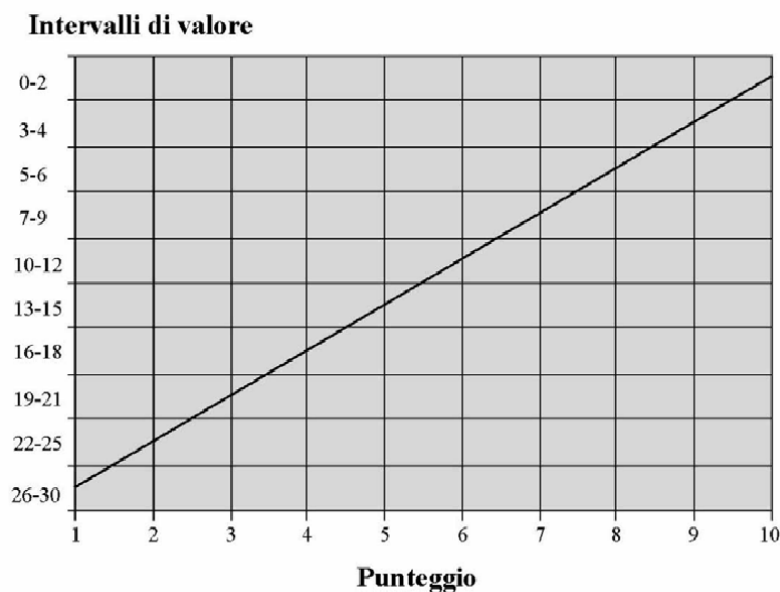


Intervalli di valore della conducibilità idraulica e relativi punteggi. (ANPA)

Superficie topografica (acclività della)

L'acclività della superficie topografica influisce sulla valutazione della vulnerabilità intrinseca soprattutto perché da essa dipende la quantità di ruscellamento che si produce a parità di precipitazione e la velocità di spostamento dell'acqua (e, dunque, di un inquinante fluido o idroveicolato) sulla superficie. In pratica, si attribuisce un punteggio elevato alle pendenze molto blande corrispondenti a parti del territorio dove un inquinante può spostarsi poco sotto l'azione della gravità o addirittura ristagnare favorendo l'infiltrazione. Operativamente, si stabiliscono delle classi d'acclività (comprese fra 0 e 30 %), attribuendo il massimo punteggio SINTACS alle aree con superficie topografica pianeggiante, dove quindi il ristagno ed il trasferimento in profondità dell'inquinante sono maggiormente favoriti. La preparazione del DTM della superficie topografica ha consentito il calcolo della acclività media (%) per ognuna delle maglie quadrate di discretizzazione del modello. In accordo con "ANPA – Manuali e linee guida 4/2001 – Linee guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento", la maglia di discretizzazione è stata quindi popolata dei valori relativi al punteggio SINTACS sulla base del seguente schema

Intervallo di acclività (%)	Punteggio SINTACS
0-5	9
5-10	7
10-20	4.5
>20	3



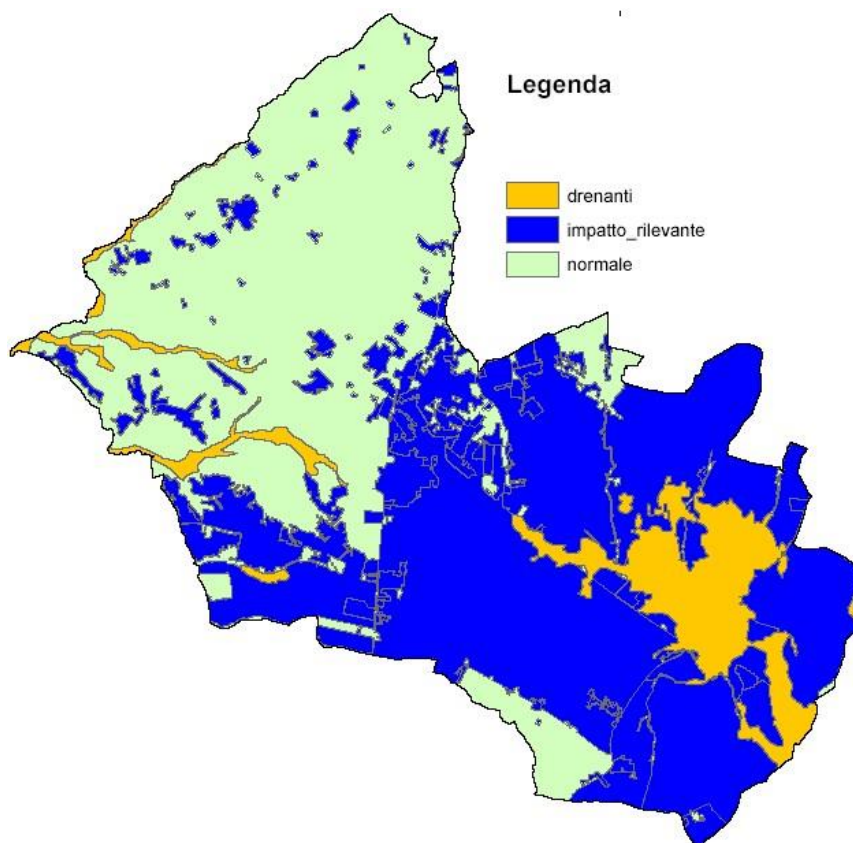
Classi di pendenza (%) e punteggio relativo. (ANPA)

Impatti e linee dei pesi

Le linee di pesi sono un potente strumento che permette di modellare la metodologia sulla situazione effettiva identificata (scenario) per ciascun elemento di maglia, esaltando l'importanza di alcuni parametri rispetto ad altri ma lasciando all'analista un ben calibrato spazio decisionale.

Parametro	I. Normale	I. Rilevante	Drenaggio	Carsismo	Fessurato
S	5	5	4	2	3
I	4	5	4	5	3
N	5	4	4	1	3
T	3	5	2	3	4
A	3	3	5	5	4
C	3	2	5	5	5
S	3	2	2	5	4

Stringhe di pesi moltiplicatori per situazioni idrogeologiche di impatto diversificate (ANPA)



Distribuzione delle situazioni idrogeologiche di impatto diversificate

Impatto rilevante: Questa linea di pesi serve a modellare situazioni territoriali che favoriscono impatti importanti da fonti diffuse d'inquinamento potenziale. In queste condizioni è evidente che il sottosistema insaturo gioca un ruolo altamente

preponderante, qualsiasi sia la tipologia dell'acquifero sottostante e la sua conducibilità idraulica. La stringa è stata, dunque, strutturata in modo da esaltare notevolmente l'effetto combinato della sottostanza e dello spessore dell'insaturato. In questo contesto, inoltre, anche il suolo ha un ruolo fondamentale, in quanto primo e potente, baluardo contro l'inquinamento chimico e batteriologico idroveicolato da fonti sia diffuse che puntuali. Notevole enfasi viene tributata anche al parametro infiltrazione per tenere conto delle pratiche irrigue che forniscono un potente vettore agli inquinanti sparsi o/e applicati sulla superficie del suolo; e delle perdite da strutture di accumulo o di condottamento di inquinanti (discariche, lagoni, serbatoi, sistemi fognari, oleodotti, etc.). Nel territorio del comune di Aprilia sono state identificate tali aree sulla base del SIT di Aprilia redatto per scopi di Protezione Civile ed individuate dalle seguenti tipologie di uso:

- tessuto residenziale continuo e denso
- Insediamento industriale o artigianale con spazi annessi
- Insediamento commerciale
- Insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
- Tessuto residenziale continuo mediamente denso
- Tessuto residenziale discontinuo
- Tessuti residenziali assimilabili alle categorie di cui sopra
- Aree soggette ad agricoltura intensiva di tipo prevalentemente orticolo

Drenaggio: Uno scenario particolare è stato identificato per quelle aree ove avviene un continuo o, comunque, frequente drenaggio da corpi idrici superficiali a quelli sotterranei sottostanti. Questa linea di pesi è stata calibrata fondamentalmente sulla forte riduzione se non sull'annullamento della sottostanza in corrispondenza dei punti (o delle zone) nei quali può sussistere un collegamento tra acquifero e reticolo drenante superficiale, sia naturale che artificiale. Tali zone devono comprendere, oltre alle parti direttamente connesse al suddetto reticolo, le aree abitualmente esondabili dai corsi d'acqua in regime di piena e le aree soggette ad esondazione frequente; le aree di irrigazione con grandi volumi d'acqua (irrigazione per sommersione e per scorrimento); le aree di affioramento continuo o periodico della superficie piezometrica libera (stagni, marcite, paludi). In situazioni del tipo descritto, i parametri fondamentali che

caratterizzano l'insaturo ed i processi che in esso avvengono sono meno esaltati dai moltiplicatori, mentre forte rilevanza viene attribuita al tipo di acquifero ed alla sua conducibilità idraulica. Ciò per esaltare l'importanza di tempi di transito veloci, l'alta capacità d'ingestione e di diluizione del corpo idrico sotterraneo. Il suolo giuoca un ruolo secondario in questo scenario come pure l'acclività, per altro sempre molto limitata.

Nel territorio del comune di Aprilia sono stati incluse in questa situazione di impatto tutte le aree con soggiacenza della superficie della falda inferiore a 5 m dal p.c..

Impatto normale: Riunisce tutte quelle situazioni, collegate in genere ad aree a scarso gradiente topografico, con insaturo composto prevalentemente da rocce a permeabilità matriciale, ove non sussistono particolari situazioni d'impatto antropico e con utilizzo reale del territorio contenuto e scarsamente trasformato. Si tratta di incolte o con colture spontanee o che, comunque, non richiedono uso di fitofarmaci, concimi chimici, se non eccezionalmente e/o in dosi modeste, né pratiche irrigue. In tali aree è realizzato sovente l'allevamento brado, sia stagionale che stanziale. La stringa specifica esalta al massimo il peso relativo della soggiacenza e dell'insaturo, strettamente collegati all'effettiva penetrabilità del sistema da parte di un inquinante fluido. Valori bassi di soggiacenza, ricordiamolo, corrispondono a punteggi alti che vengono quintuplicati dallo specifico peso di stringa influenzando pesantemente sull'indice di vulnerabilità. Analogamente, un insaturo capace di una forte azione di mitigazione darà un prodotto basso anche se il moltiplicatore è elevato mentre insaturi facilmente penetrabili incrementeranno fortemente l'indice di vulnerabilità. Appena minore è l'enfasi attribuita, in queste condizioni, alla ricarica attiva, minore ancora risulta l'azione di prima barriera della copertura, considerando la buona azione di drenaggio esterno che caratterizza i suoli naturali indisturbati, ove presenti. Stessa importanza assumono il tipo d'acquifero, la sua conducibilità idraulica nonché l'acclività della superficie topografica

Procedura di calcolo dell'indice di vulnerabilità

Per il calcolo dell'indice di vulnerabilità si è proceduto tramite, overlay e calcolo raster, alla sommatoria dei punteggi di ogni strato informativo per ogni cella di discretizzazione moltiplicati singolarmente per la stringa di pesi moltiplicatori per le situazioni idrogeologiche di impatto diversificate che insistono all'interno del territorio comunale. Per ciascun elemento di maglia, l'indice di vulnerabilità intrinseca ($I_{SINTACS}$) si ottiene dalla seguente relazione di sommatoria:

$$I_{SINTACS} = \sum_{i=1}^7 P_i W_i$$

essendo P il punteggio di ciascuno dei 7 parametri considerati dal metodo e W il peso relativo della stringa prescelta.

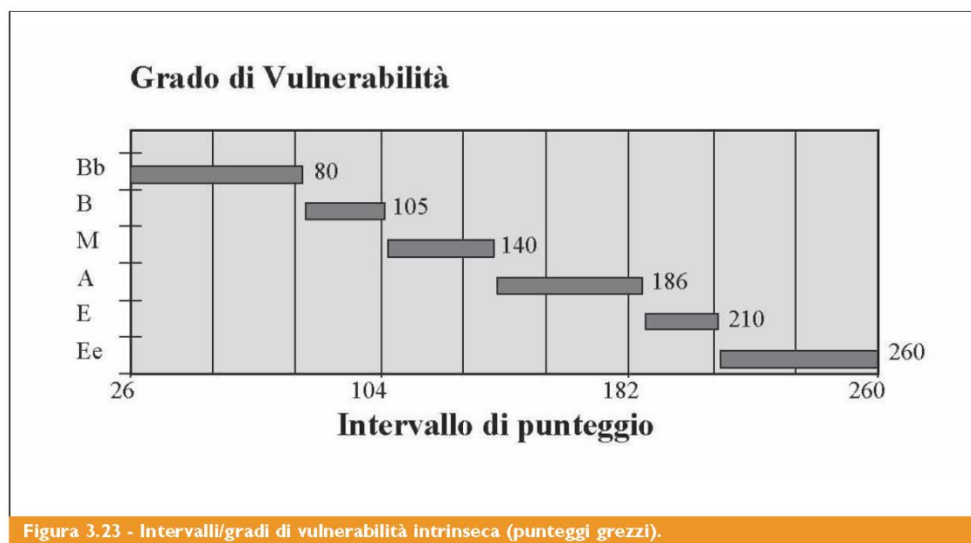
Il valore così ottenuto fornisce, per ogni maglia, un valore numerico rappresentante la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero di riferimento. Tali valori possono variare da un minimo di 26 ad un massimo di 260 punti.

I valori grezzi dell'Indice sono, poi, stati normalizzati (espressi in percentuale) per semplicità di lettura mediante l'espressione:

$$I_{SNO} = \frac{I_{SGR} - I_{SMIN}}{I_{SMAX} - I_{SMIN}}$$

in cui I_{SNO} è l'Indice normalizzato mentre I_{SMAX} e I_{SMIN} sono, rispettivamente, i valori massimo e minimo dell'Indice SINTACS grezzo, ossia 260 e 26.

La rappresentazione cartografica avviene attraverso una zonizzazione per gradi di vulnerabilità, corrispondenti ad intervalli definiti del valore dell'indice di vulnerabilità.



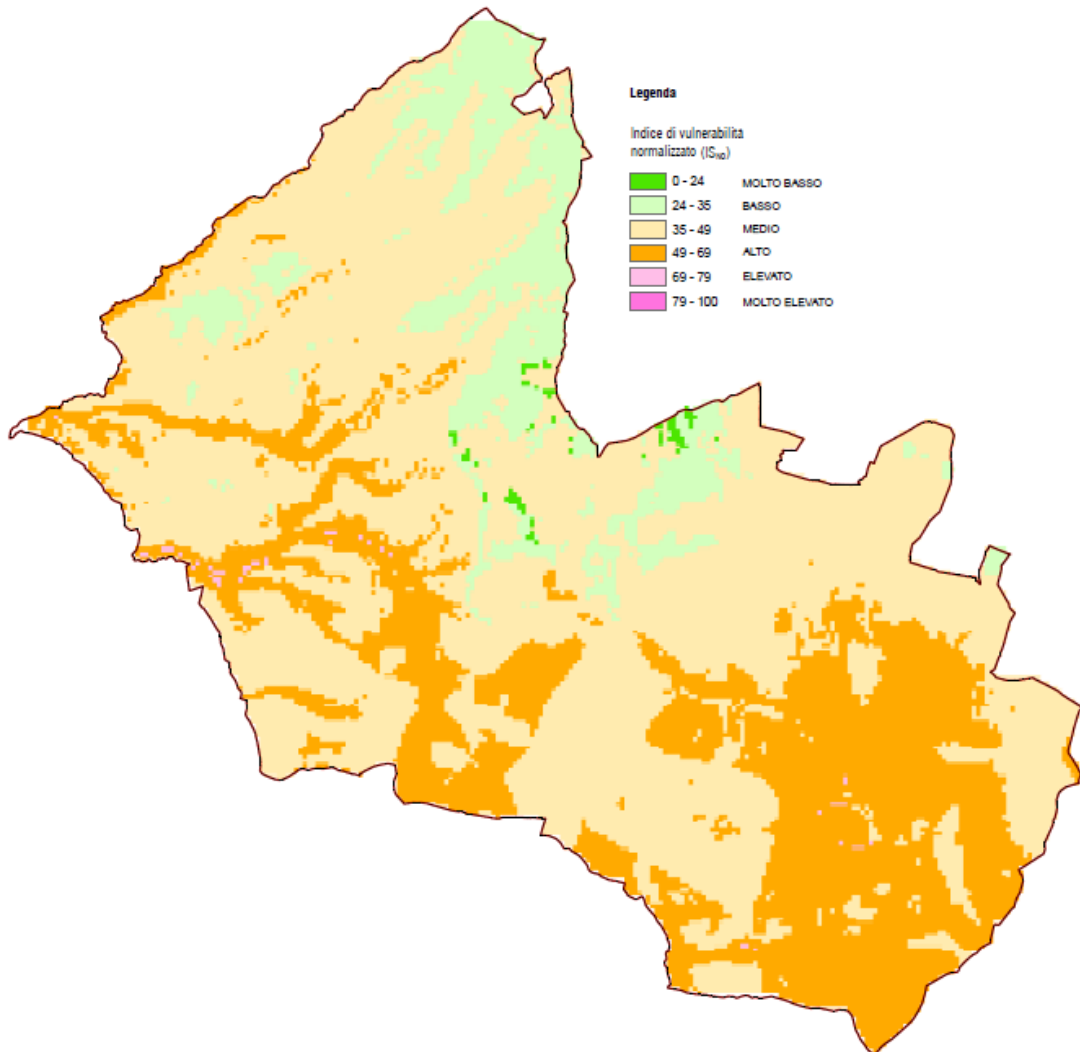
Risultanze dello studio di vulnerabilità

Lo studio della Vulnerabilità degli acquiferi sottiacenti il territorio comunale descrive un territorio caratterizzato dalla presenza di ampie zone a Media e Alta vulnerabilità intrinseca della falda.

Modesta è la presenza di zone a Bassa vulnerabilità; scarse e di piccole dimensioni le aree a vulnerabilità Molto Bassa ed Elevata.

Non sono presenti zone con Grado di Vulnerabilità Molto Elevato; sono piccole e poco estese le zone con Grado di Vulnerabilità Molto Basso.

In particolare, la dimensione complessiva delle aree con Grado di Vulnerabilità Alto corrisponde a circa 51 Km²; la dimensione complessiva delle aree con Grado di Vulnerabilità Elevato è pari a circa 0,21 Km² (21 ha).



Distribuzione del grado di vulnerabilità sul territorio comunale

CONCLUSIONI

Lo studio della vulnerabilità, eseguito secondo le *linee guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento* – ANPA Manuali e linee guida 4/2001, rappresenta un utile strumento conoscitivo, di supporto alla pianificazione ed alla gestione del territorio.

L'indagine svolta dal Gruppo di lavoro muove da una valutazione dei dati di base disponibili o/e rilevabili, scelti in funzione della qualità e della distribuzione, al fine di definire un modello geologico e idrogeologico il più possibile rappresentativo del territorio comunale. A seguito di un'ampia raccolta di dati bibliografici, è stata effettuata una campagna di rilevamento geologico ed idrogeologico sul territorio di Aprilia al fine di verificare la situazione litostratigrafica dei terreni, l'assetto geomorfologico dell'area e il set di dati.

Sono state così prodotte tre carte tematiche:

la Carta Litostratigrafica (Allegato 1);

la carta delle Criticità Geomorfologiche ed Idrauliche (Allegato 2);

la Carta Idrogeologica (Allegato 3);

realizzate su base C.T.R.N., redatte in scala 1:10.000 e rappresentate in un quadro di unione in scala 1:25.000 e con 4 tavole in scala 1:10.000.

Successivamente si è proceduto tramite, overlay e calcolo raster, al calcolo dell'indice di vulnerabilità ed alla reazione della **Carta della Vulnerabilità della Circolazione Idrica Sotterranea**, rappresentando, su base C.T.R.N. in scala 1:10.000 e con quadro di unione in scala 1:25.000, una zonizzazione per aree con Grado di Vulnerabilità omogenee.

Si è quindi valutata l'estensione delle aree con Grado di Vulnerabilità Alto ed Elevato, in quanto elementi rappresentativi di una criticità ambientale non trascurabile.

Le aree a Vulnerabilità Alta ed Elevata dovranno essere oggetto di maggiore attenzione e tutela, prevedendo restrizioni circa i metodi di smaltimento dei reflui autonomi e particolari soluzioni progettuali per eventuali depuratori pubblici o consortili da insediare in tali aree.

LUGLIO 2014

BIBLIOGRAFIA

- ANPA – Manuali e linee guida 4/2001 – “Linee guida per la redazione e l’uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento”
- U. Ventriglia (1988) – *Idrogeologia della provincia di Roma, Vol.III – “Regione Vulcanica dei Colli Albani”* – Provincia di Roma
- G. Capelli, R. Mazza, C. Gazzetti (2005) – Strumenti e strategie per la tutela e l’uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio – “Gli acquiferi vulcanici”.
- Civita M. (1987) - *La previsione e la prevenzione del rischio d’inquinamento delle acque sotterranee a livello regionale mediante le Carte di Vulnerabilità*. Atti Conv. "Inquinamento delle Acque Sotterranee: Previsione e Prevenzione", Mantova, pp. 9-18.
- Civita M. (1994) - *Le Carte della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento: Teoria & Pratica*. Pitagora Editrice, Bologna, 325 pp.
- Civita M., De Maio M. (1997.a) – *SINTACS Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento. Metodologia e automazione*. Pitagora Editrice, Bologna, 191 pp.
- (<http://sgi1.isprambiente.it/GeoMapView/>) Canale tematico dati e metadati relativi ai sondaggi provenienti dalle comunicazioni pervenute al Servizio Geologico in adempimento della Legge 464/84 e dall’archivio delle concessioni per sfruttamento del sottosuolo.
- (Polytecnica s.r.l. 1988) “*Dati caratteristici dei pozzi perforazioni e sorgenti ricadenti nel territorio comunale*”
- Consorzio della Bonifica di Latina (1959) “*Ricerche idriche nella Pianura Pontina II Sezione*”
- Blanc A. C. et alii (1961) “*Indagine sulle acque sotterranee dell’Agro Romano e Pontino – Parte Prima, Agro Romano*” Cassa per il Mezzogiorno
- Arnoldus – Huyzendveld et alii , (2009) “*I suoli della Provincia di Latina – Carta, database e applicazioni*”
- AA.VV. “*The Volcano of Alban Hills*”, Ed. by Trigila, Univ. La Sapienza Roma, 1995.

- Freda C., Gaeta M., Palladino D. M., Trigila R. – The Villa Senni Eruption (Alban Hills, central Italy): the role of H₂O and CO₂ on the magma chamber evolution and on the eruptive scenario – Journal of Volcanology and Geothermal research 78, pp. 103-120, 1997.
- Palladino D.M., Gaeta M., Marra F. – A large k-foiditic hydromagmatic eruption from the early activity of the Alban Hills Volcanic District, Italy – Bull. Volcanol. (2001) 63: pp. 345-359, 2001.
- ABR – delibera C.I. n. 3 del 21/11/2003 “Misure di salvaguardia degli acquiferi vulcanici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini”, BURL 20 gennaio 2004.
- AA.VV. – Guide Geologiche Regionali “Lazio” – Società Geologica Italiana, p 368 - Be-Ma Editrice, Milano, 1993