

13 GEOSCAMBIO

ANTONIO GALGARO¹, ELISA DESTRO¹, VALENTINA BASSAN²

13.1. INTRODUZIONE

È noto che la Terra, intesa come sorgente di energia geotermica, può essere considerata una risorsa energetica illimitata. Il flusso di calore naturale prodotto all'interno della Terra e trasferito alla superficie terrestre è strettamente legato alla natura della crosta terrestre e può variare sensibilmente a seconda del territorio che si considera.

Questa differenza di temperatura tra la superficie terrestre e i livelli sottostanti può essere considerata una risorsa energetica non solo come fonte di calore da sfruttare in assorbimento, ma anche come possibile serbatoio freddo da utilizzare per refrigerare una macchina termica che si trova in superficie. Un sistema che sfrutta queste potenzialità è pertanto in grado di offrire calore (azione riscaldante) quando in superficie la temperatura è bassa e di sottrarre calore (azione refrigerante) quando in superficie la temperatura è elevata. Esso necessita di un vettore (acqua), di una pompa per il suo ricircolo, degli scambiatori di calore, nonché di una valutazione approfondita del gradiente termico locale.

La geotermia a bassa entalpia è un sistema applicabile a tutti i terreni cosiddetti "normali" e si basa su processi di scambio termico con il sottosuolo, inteso come massa di grande capacità termica. Grazie alla sua inerzia termica, già pochi metri sotto la superficie il terreno risente in modo decisamente attenuato e smorzato delle fluttuazioni termiche giornaliere e stagionali dell'aria; la temperatura del terreno, a queste profondità, si può considerare costante per tutto l'arco dell'anno. Esiste perciò la possibilità di estrarre calore dal terreno durante l'inverno, e riscaldare quindi l'edificio, e cedere calore al medesimo in estate, per raffrescarlo. È attraverso impianti geotermici di climatizzazione che si produce acqua per il riscaldamento e acqua calda sanitaria, nonché acqua fredda per il raffrescamento, eliminando così i costi e le emissioni connesse all'uso dei combustibili fossili. Si preferisce, quindi, utilizzare il termine "sistema di geoscambio" perché si tratta di un vero e proprio scambio di energia termica da e verso il sottosuolo.

È evidente che un sistema che sfrutta le caratteristiche termiche del sottosuolo di inerzia e di isolamento termico, nonché di capacità di autorigenrazione, dimostra possedere un ridotto impatto ambientale (con una riduzione dell'emissione di sostanze inquinanti che può arrivare al 70% rispetto a un tradizionale impianto a gas), nonché un considerevole livello di risparmio economico correlato all'accoppiamento con sistemi termodinamici (le pompe di calore) a elevata efficienza energetica.

Solo recentemente in Italia si è destato un certo interesse su tale argomento, grazie anche allo sviluppo che la geotermia ha avuto in diversi Paesi Europei, primi tra tutti la Svizzera, l'Austria e la Svezia, ma anche la Germania.

In Italia, nonostante le condizioni naturalmente favorevoli, risultano ancora solo poche realtà. Tale esiguo numero di installazioni è correlabile sia alla scarsa conoscenza della tecnologia che ai costi di realizzazione degli impianti, attualmente piuttosto elevati (anche per la mancanza di incentivazioni nazionali e regionali), ma anche alla mancanza di un'adeguata normativa di riferimento. La mancanza parziale d'informazione in merito alla diffusione degli impianti esistenti potrebbe anche essere correlata al probabile esteso abusivismo, favorito anche dal vuoto normativo attuale, sia a livello nazionale che locale, che c'è stato fino ad ora.

Considerato che:

- una cartografia che rappresenti l'idoneità all'impiego di sistemi di geoscambio potrebbe rappresentare uno strumento applicativo di indirizzo volta a una più idonea utilizzazione del territorio sia per la pubblica amministrazione che per il progettista;
- risulta necessario produrre un documento normativo che possa portare a una maggiore chiarezza sulle procedure amministrative e a un controllo delle installazioni, oltreché rappresentare un'utile guida tecnica di installazione a tutela della qualità dell'impianto e dell'integrità dell'ambiente;
- l'applicazione di tale tecnologia può contribuire in modo significativo al miglioramento della qualità ambientale e alla riduzione dei consumi energetici;
- la delicatezza del panorama ambientale provinciale e i diversi contesti che la caratterizzano devono essere tutelati anche con una disciplina di indirizzo tecnico-amministrativo;

la Provincia di Venezia ha promosso un'analisi tecnico-scientifica per la valutazione del caratteristiche del territorio di provinciale all'impiego dei sistemi di geoscambio per scopi di climatizzazione.

In questo capitolo si rappresenta una sintesi del progetto di ricerca denominato "Geoscambio della provincia di Venezia", stipulato tra il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova e il Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Tutela del Territorio della Provincia di Venezia al fine di valutare l'idoneità del territorio provinciale a ospitare diffusamente gli

¹ Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova

² Provincia di Venezia, Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Tutela del Territorio

impianti geotermici senza uso diretto di acqua di falda (a circuito chiuso o “closed loop”).

L'importanza di poter disporre di informazioni volte alla conoscenza delle capacità di geoscambio del sottosuolo e la necessità di poter identificare le aree dove il metodo risulti più conveniente, nonché di individuare le aree in cui limitarne l'applicazione, costituisce una azione utile agli organi di gestione del territorio, finalizzata allo sviluppo sostenibile e “regolamentato” della risorsa sotterranea.

Nella cartografia “Idoneità al geoscambio” della Tav. 13, alla scala 1:100.000, vengono sintetizzati i risultati delle indagini di seguito esposti.

13.2. QUADRO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO³

Il territorio della provincia di Venezia rientra completamente nella fascia di bassa pianura, costituita in prevalenza da sedimenti fini e caratterizzata da un livello superficiale della prima falda che può consentire di considerare un ipotetico livello di saturazione dei terreni, in prima approssimazione e per buona parte del territorio provinciale, molto prossimo alla superficie topografica; i terreni possono quindi essere considerati, ai fini della valutazione delle proprietà termiche, saturi praticamente dal piano campagna.

In generale l'idrogeologia del veneziano è caratterizzata dalla presenza di falde superficiali, la cui superficie è posta appena al di sotto del piano campagna, e da numerose falde in pressione sovrapposte.

Il sottosuolo dell'area in oggetto si inserisce nel sistema multifalda della bassa pianura veneta, con un'alternanza, talvolta molto articolata, di livelli permeabili e impermeabili.

13.2.1. La banca dati geotermica

Le fonti da cui sono stati tratti i dati sono la Provincia di Venezia, l'ARPAV, il CNR, la Regione Veneto.

La banca dati utilizzata per l'inserimento del tema geotermico è quella già esistente del Servizio Geologico provinciale⁴.

Al fine di presentare una cartografia significativa del potenziale di geoscambio è necessario identificare le grandezze fisiche che maggiormente influenzano il comportamento del terreno dal punto di vista termico. I parametri utilizzati, ritenuti significativi ai fini geotermici, sono stati:

- la tessitura-granulometria, ricavata dallo studio delle sequenze litostratigrafiche;
- le informazioni di tipo idrogeologico, quali la quota della prima falda;
- la permeabilità equivalente desunta dai dati granulometrico-tessiturali;
- la velocità “Darciniana”;
- le grandezze di tipo termodinamico, quali la conducibilità termica del terreno (stimata da dati bibliografici su base granulometrico - tessiturale) e la distribuzione della temperatura nel sottosuolo.

È importante determinare le caratteristiche geolo-

giche perché intrinseche dei terreni interessati dai processi di scambio termico. L'informazione litostratigrafica fornisce innanzitutto il contesto dell'ambiente geologico coinvolto e la conoscenza del tipo di materiale attraversato. Determinare i costituenti principali delle successioni dei materiali del sottosuolo, siano essi ghiaie, sabbie, limi o argille, è un processo fondamentale poiché partecipano a diverso titolo nello scambio termico.

In seguito si sono valutati i parametri di tipo idrogeologico. Il parametro quota della falda libera permette di valutare il parametro “conducibilità termica”. Come noto, i valori di conducibilità termica del materiale sono sensibilmente condizionati dalla presenza di acqua nei pori. La conoscenza delle condizioni di saturazione dei materiali che compongono il sottosuolo, interessati dai processi di scambio termico, costituisce un'informazione fondamentale per la definizione delle capacità di scambio termico con il sottosuolo.

Le caratteristiche termodinamiche non sono in relazione tra loro perché, mentre la conducibilità termica è ricavato da valori di letteratura assegnati ai materiali riconosciuti dai dati stratigrafici, la temperatura nel sottosuolo è stata assegnata sulla base di serie temporali di temperatura dell'aria e assunta corrispondente alla temperatura media annua dell'aria nelle varie località considerate.

In questo studio viene fornita un'interpretazione del potenziale di geoscambio riferito a un'area molto estesa, il cui livello di dettaglio considera poco l'influenza di effetti territoriali locali che necessariamente appartengono a informazioni di scala almeno intercomunale. A tale scopo è stata associata alla banca dati provinciale esistente una serie di informazioni dedicate alla caratterizzazione geotermica del territorio provinciale.

Il processo logico-tecnico seguito per la costruzione della carta di sintesi è strutturato in modo tale da permettere una chiara comprensione dei livelli informativi che costituiscono l'organizzazione del lavoro.

I nuovi *record* a indirizzo geotermico hanno previsto l'inserimento, nell'esistente *data base* provinciale, di una selezione di informazioni stratigrafiche relative a pozzi che superavano i 60 m di profondità: tale limite è suggerito dalla necessità di rappresentare il comportamento del terreno a profondità confrontabili con quelle tipiche di sonde geotermiche verticali (100-120 m), che costituiscono la tipologia di geo-scambiatore più comunemente utilizzato negli impianti geotermici. Tale limite è correlato alle caratteristiche costruttive delle sonde stesse, che sono in grado di sopportare sollecitazioni meccaniche entro limiti correlati a *range* combinati di temperatura e pressione.

Il metodo di archiviazione delle informazioni stratigrafiche non è univoco per tutte le fonti da cui sono state

³ Si vedano i capitoli 8 “Geologia”, 12 “Idrogeologia”, 14 “Vulnerabilità” e le Tavv. 10, 11, 12.

⁴ Si veda il capitolo 5 “Banche dati” e la Tav. 7.

raccolte le stratigrafie. Il supporto originario delle fonti è risultato prevalentemente cartaceo; soltanto i dati già presenti nella sistema informativo della Provincia erano in formato organizzato e ospitati in una banca dati dedicata all'uso del suolo.

Il lavoro di selezione, archiviazione, e validazione dei dati ha previsto anche un'operazione di omogeneizzazione fra le diverse fonti e riferita agli *standard* qualitativi della pre-esistente banca dati provinciale, sviluppata in ambiente GIS. I dati raccolti hanno dimostrato una certa disomogeneità a causa dei diversi metodi di esecuzione delle perforazioni e della soggettività relativa alla redazione del rapporto di perforazione. Vista la notevole complessità dell'assetto geologico e idrogeologico della pianura veneziana sono stati adottati criteri di organizzazione dei dati dedicati alla particolare situazione.

La validazione è avvenuta tramite il controllo incrociato tra i dati stessi e i dati limitrofi di medesimi contesti geologici; in caso di discrepanze si è provveduto all'eliminazione del dato riconoscendo quelli più coerenti e affidabili.

Per la digitalizzazione di tali dati sono state scelte le stratigrafie delle varie fonti (Provincia di Venezia, ARPAV, CNR, professionisti) che superavano i 60 m all'interno del territorio provinciale veneziano.

Il *data base* creato per questo progetto è caratterizzato da un'elevata flessibilità che consente, tramite il modello relazionale, di modificare e creare nuove combinazioni tra tabelle con campi diversi, interrogabili in base alle diverse esigenze dell'utente.

I punti di informazione selezionati sono stati 127,

dotati di distribuzione piuttosto omogenea con una densità media di 5 punti ogni 100 km²; maggiore densità di informazioni si ritrova nell'area di Mestre a causa dell'elevata densità di utilizzi di acque sotterranee.

Vista la complessità del quadro geologico della pianura veneziana, per necessità di semplificazione sono stati adottati dei particolari criteri di organizzazione dei dati litostratigrafici.

I termini considerati nella banca dati sono stati archiviati e organizzati con finalità di caratterizzazione geotermica. I parametri considerati sono stati derivati dalle informazioni litostratigrafiche e idrogeologiche determinando valori medio-pesati considerando una colonna equivalente di 100 m di profondità.

13.3. CARTOGRAFIA TEMATICA

Dallo studio e dall'analisi dei parametri selezionati, dalla prescrizione del nuovo Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto, in cui si delega la Provincia ad autorizzare la realizzazione di sistemi di scambio termico con il sottosuolo che non prevedano la movimentazione di acqua, e sulla base degli indirizzi del D.Lgs. 22/2010, in cui si definiscono le piccole utilizzazioni locali di calore geotermico, si giunge alla creazione delle carte tematiche per lo studio del geoscambio.

Le carte tematiche sono state interpolate usando metodi statistici semplificati e variabili per tematismo sulla base delle diverse geometrie di distribuzione delle informazioni di base.

Al fine di poter realizzare le carte tematiche di inte-

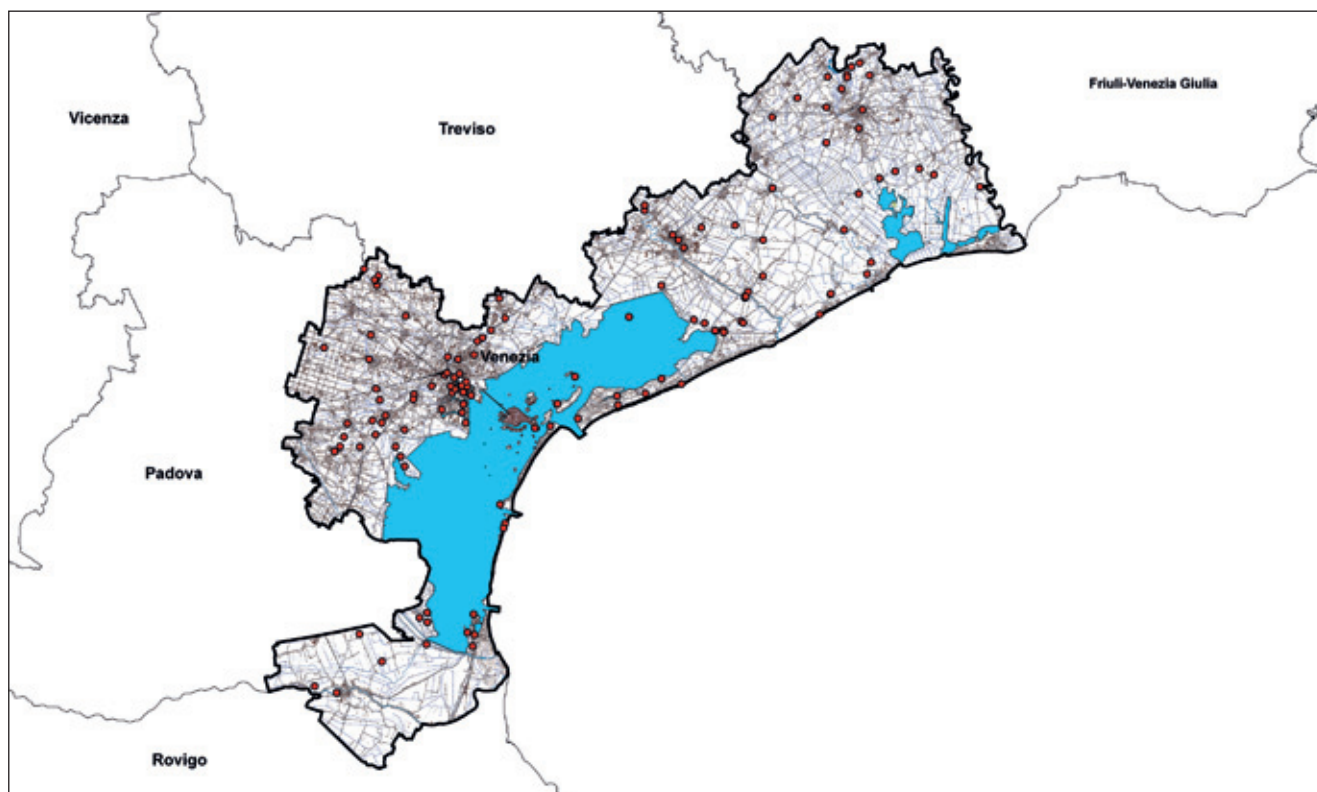


Fig. 13.1 - Ubicazione dei punti di informazione stratigrafica.

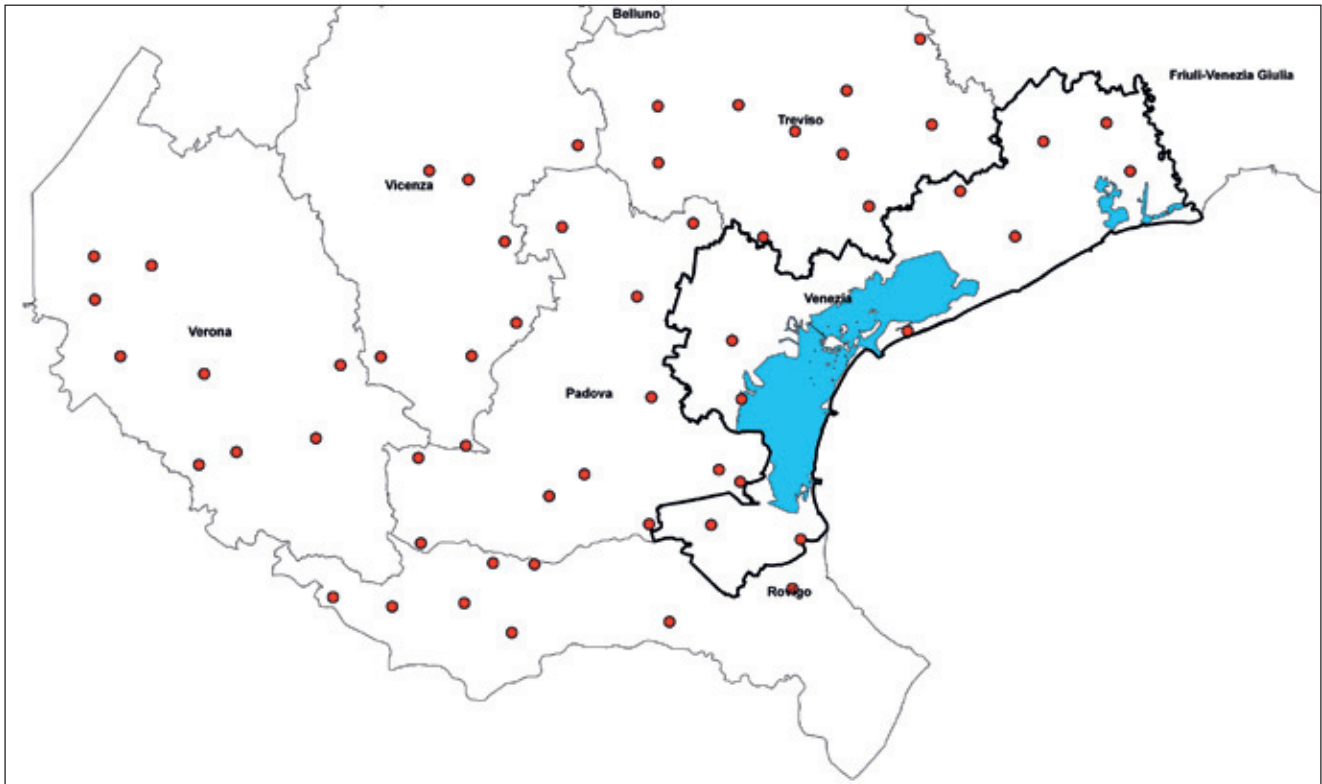


Fig. 13.2 - Ubicazione delle stazioni meteo (rete ARPAV) per il calcolo della temperatura media dell'aria.

resse, sono stati scelti i parametri per la loro realizzazione.

I parametri ritenuti significativi e considerati al fine di caratterizzare la capacità di scambio termico del sottosuolo sono:

- temperatura media annua dell'aria;
- conducibilità termica media equivalente dei terreni;
- flusso di calore (gradiente di temperatura);
- conducibilità idraulica media;
- la velocità teorica della falda ricavata tramite la legge di Darcy semplificata.

Generalmente la velocità degli orizzonti acquiferi rappresenta un fattore importante in quanto si ritiene che la presenza di acqua, in movimento nel sottosuolo, determini la generazione di moti convettivi in grado di trasportare calore molto più efficientemente se confrontato con i processi di trasmissione per sola conduzione.

Poiché nell'area di studio, pur talora con discreti valori di permeabilità idraulica, le falde acquifere che interessano il sottosuolo provinciale risultano possedere velocità molto basse a causa dei ridotti gradienti idraulici, il tematismo velocità della falda, non incidendo significativamente nei processi di trasporto termico, non è stato considerato nella determinazione della cartografia di sintesi finale.

13.4. TEMPERATURA MEDIA DELL'ARIA⁵

Per la carta tematica "Temperatura media dell'aria" sono stati interpolati i dati rilevati nelle stazioni meteo ARPAV distribuite come in Fig. 13.2. Tale scelta è stata presa poiché si è ritenuto che l'andamento delle temperature

medie dell'aria al di fuori della provincia influenzassero l'andamento delle temperature all'interno del territorio veneziano. Soprattutto per definire con maggior dettaglio le temperature in prossimità del confine amministrativo, si è ritenuto necessario non affidarsi soltanto ai valori misurati nelle stazioni veneziane.

Le stazioni meteo considerate per il calcolo sono 56, dieci delle quali si trovano all'interno della provincia di Venezia.

La temperatura media dell'aria è il parametro più facilmente rilevabile e si presume che esso rappresenti la temperatura al suolo nella stazione dove viene misurata.

Nella Fig. 13.3 è rappresentata la carta della temperatura media annua dell'aria. Si osserva che la variabilità di tale parametro è modesta, come si può infatti vedere dalla legenda; la differenza massima di temperatura media su tutto il territorio è infatti di 0,62°C.

Si capisce quindi che il valore medio di temperatura al suolo è di circa 13°C.

È possibile che le condizioni climatiche locali diversifichino le zone; in Fig. 13.3 si osserva infatti che l'area meridionale è leggermente più calda rispetto al resto del territorio.

Tale informazione riveste generalmente una notevole importanza sia per il calcolo del gradiente geotermico, sia come dato climatico utile alla progettazione termotecnica di impianti di climatizzazione.

⁵ Si veda il capitolo 11 "Climatologia".

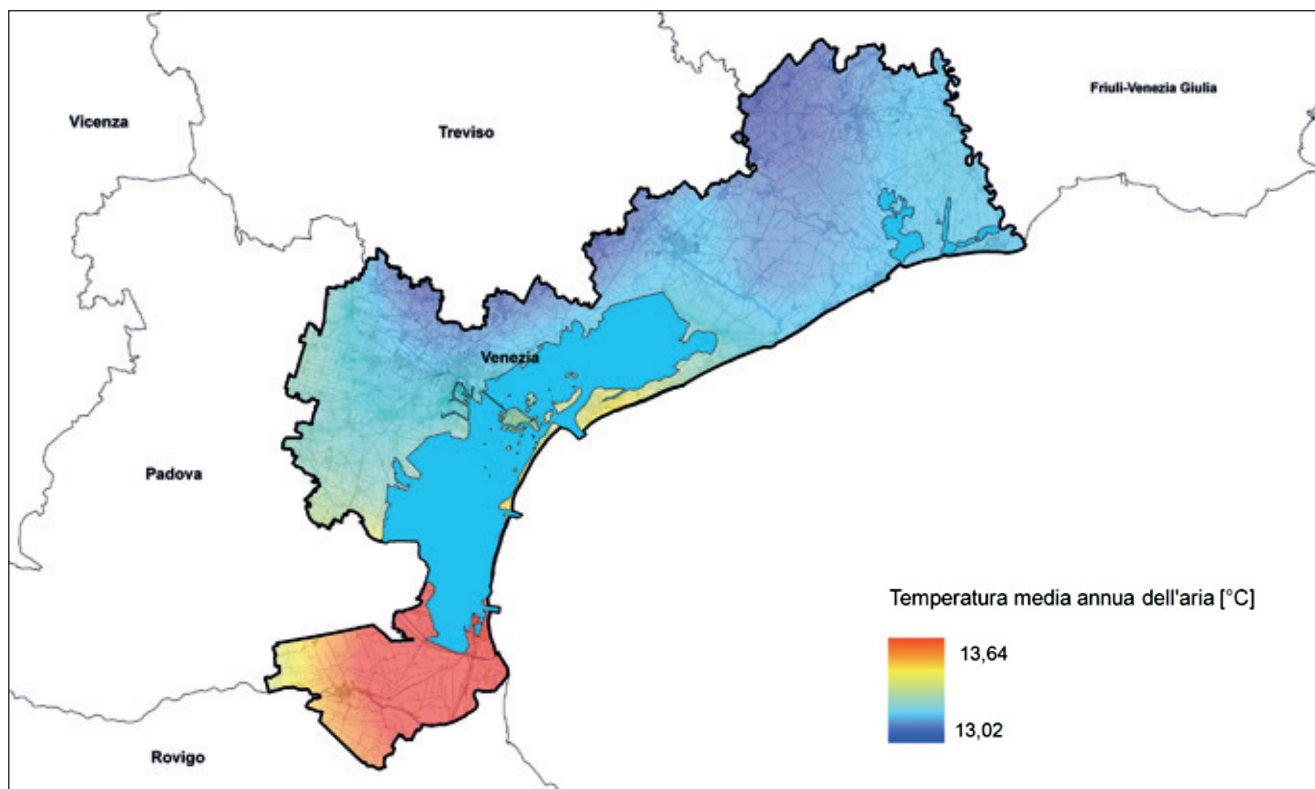


Fig. 13.3 - Carta della temperatura media dell'aria.

13.5. IL GRADIENTE GEOTERMICO

La temperatura del terreno superficiale è strettamente legata alla temperatura media annua dell'aria; il calore che ne deriva è infatti direttamente dovuto all'energia solare assorbita dalla superficie. Nel sottosuolo profondo agisce invece il calore dovuto al flusso geotermico.

Il gradiente geotermico è dovuto alla variazione di temperatura in relazione all'incremento della profondità, come descritto nella seguente espressione:

$$\text{grad } T = \frac{dT}{dz}$$

Come si osserva nello schema in Fig. 13.4, per il calcolo del gradiente geotermico sono necessari almeno due punti che abbiano diversi valori di temperatura a diverse profondità.

La temperatura del sottosuolo alla profondità x è stata misurata nei punti visibili in Fig. 13.5. I punti sono 5046 e derivano da misure dirette su pozzi condotte dalla Provincia e da studi specifici condotti nel portogruese⁶. Osservando la Fig. 13.6 relativa al “Gradiente di temperatura” si riconoscono le aree dell’anomalia termica del portogruese; altre anomalie si rilevano nel settore centrale, principalmente nella zona di Santa Maria di Sala e, secondariamente, nell’area di Chioggia.

13.6. IL FLUSSO GEOTERMICO

La temperatura del terreno superficiale è strettamente legata alla temperatura media annua dell'aria; il

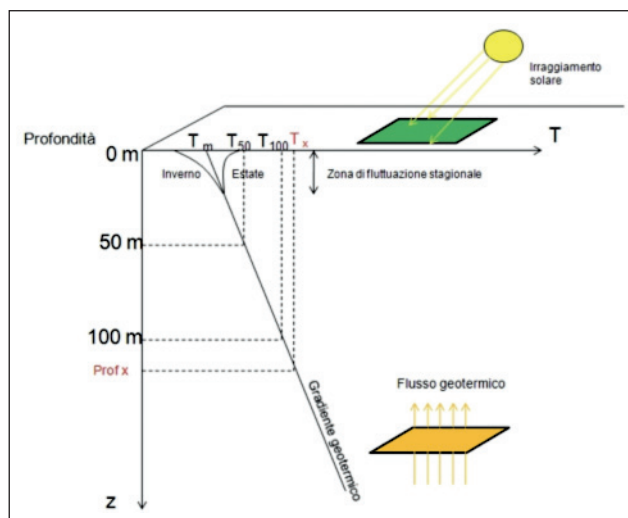


Fig. 13.4 - Schema per il calcolo del gradiente geotermico.

calore che ne deriva, infatti, è direttamente dovuto all'energia solare assorbita dalla superficie. Nel sottosuolo profondo agisce invece il calore dovuto al flusso geotermico.

Per la determinazione dei valori di flusso geotermico sono state incrociate le due carte tematiche del gradiente geotermico e della conducibilità termica media. La carta della conducibilità termica media (Fig. 13.7) è stata calcolata in base alla carta della quota della falda (Fig. 13.8). Quest'ultima carta è stata

⁶ ZANGHERI P., GARBELLINI A., GREGO S., PAULON G., VITTURI A. (2001) - Indagine sulle acque sotterranee del portogruarese. Consorzio di Bonifica "Pianura Veneta tra Livenza e Tagliamento" - Provincia di Venezia.

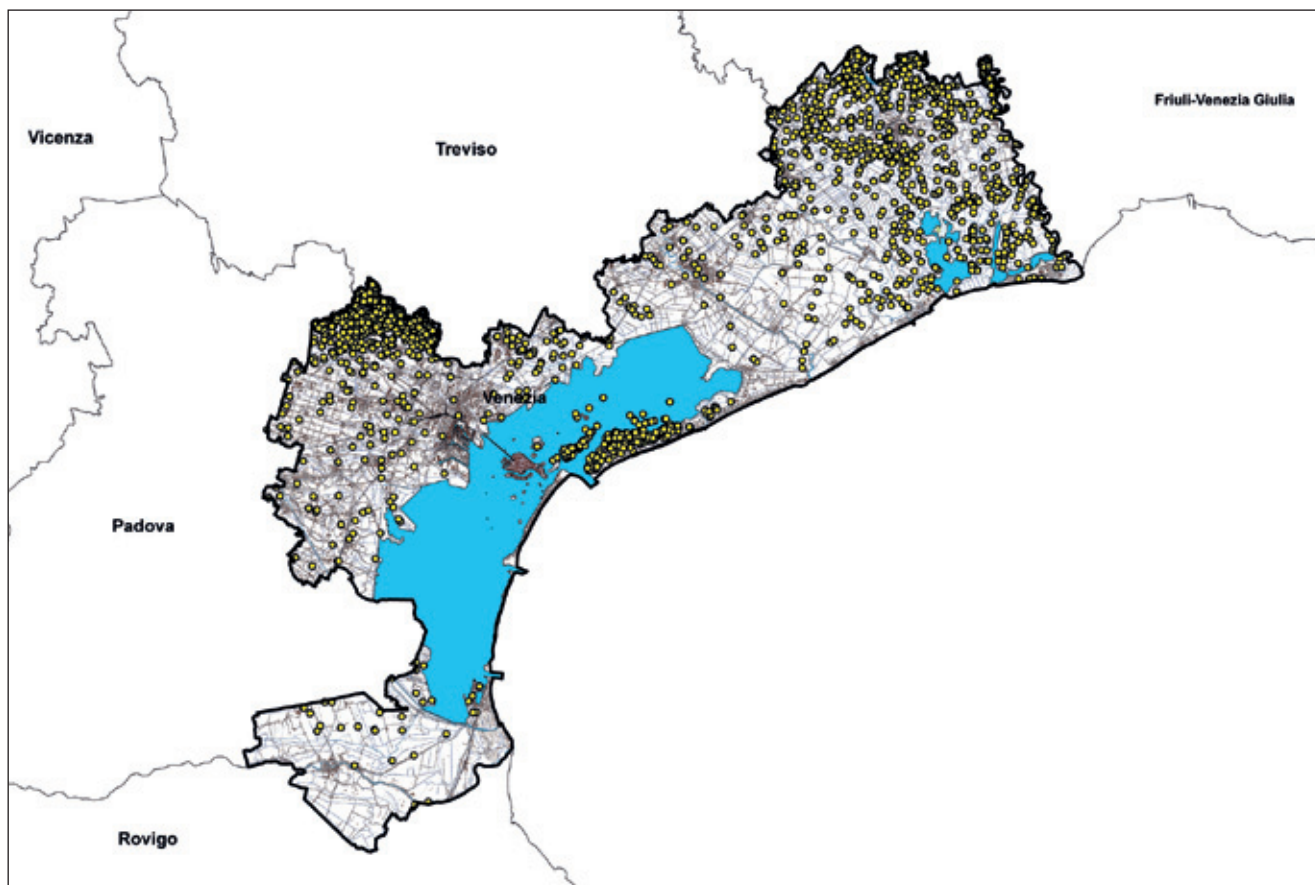


Fig. 13.5 - Ubicazione dei punti di misura delle temperature profonde.

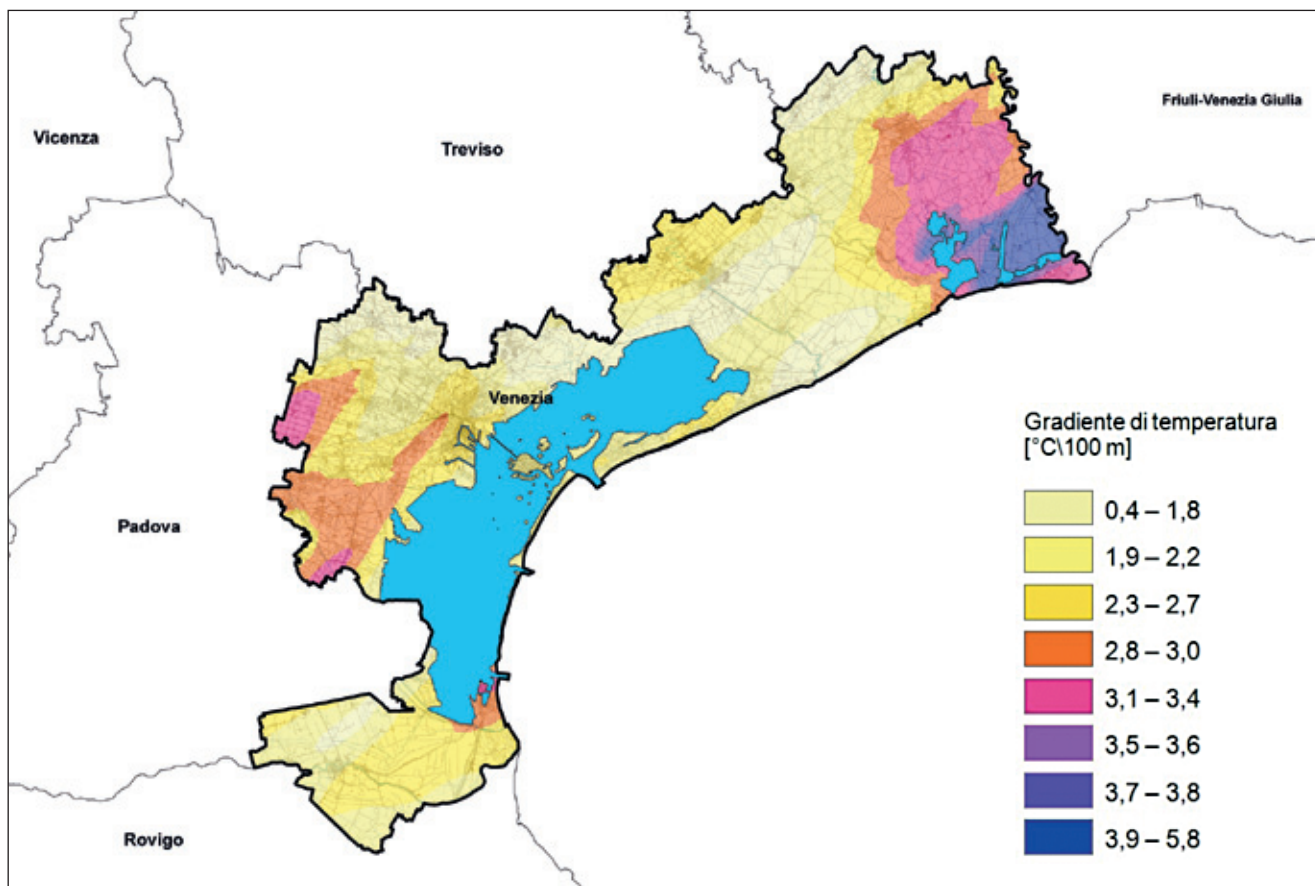


Fig. 13.6 - Gradiente di temperatura.

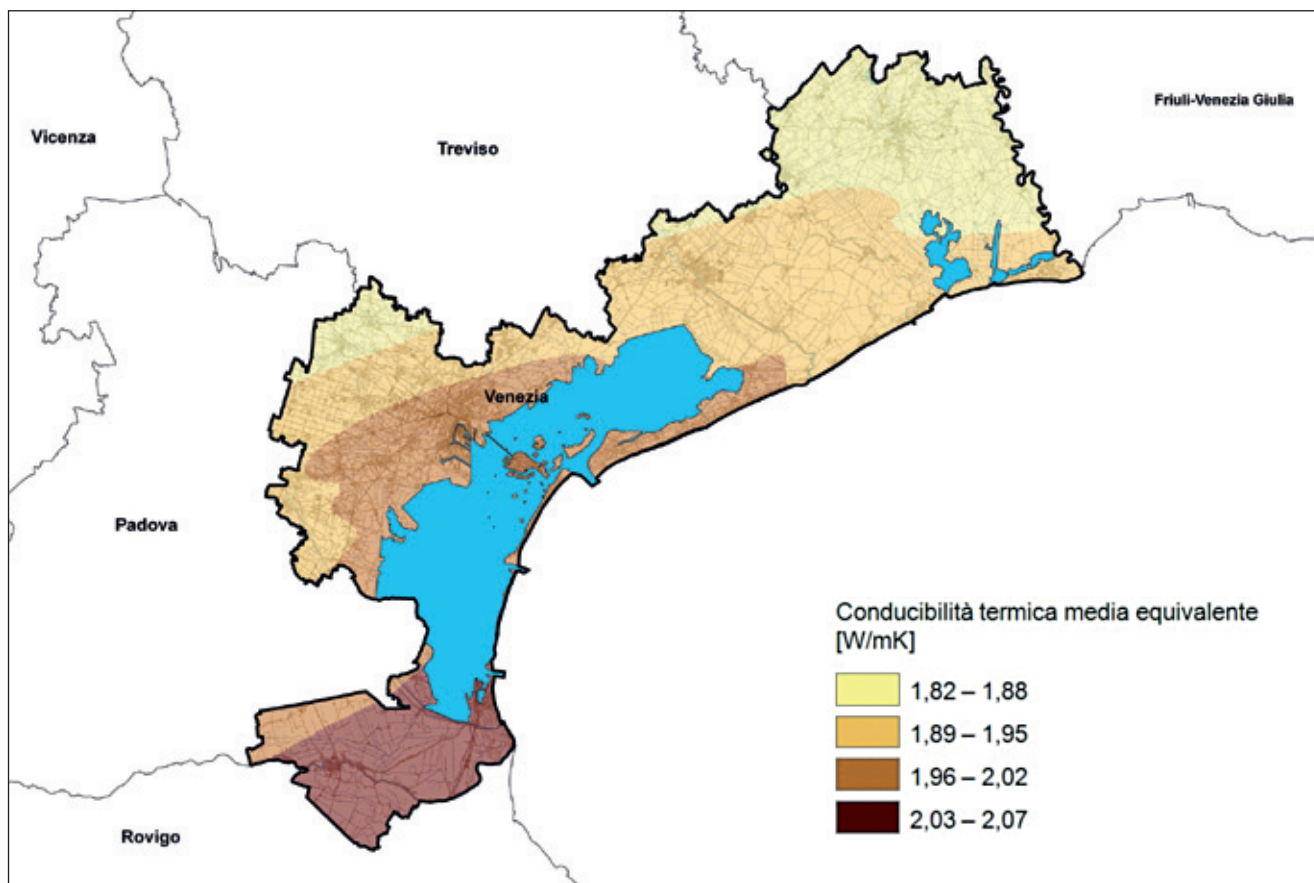


Fig. 13.7 - Carta della conducibilità termica media.

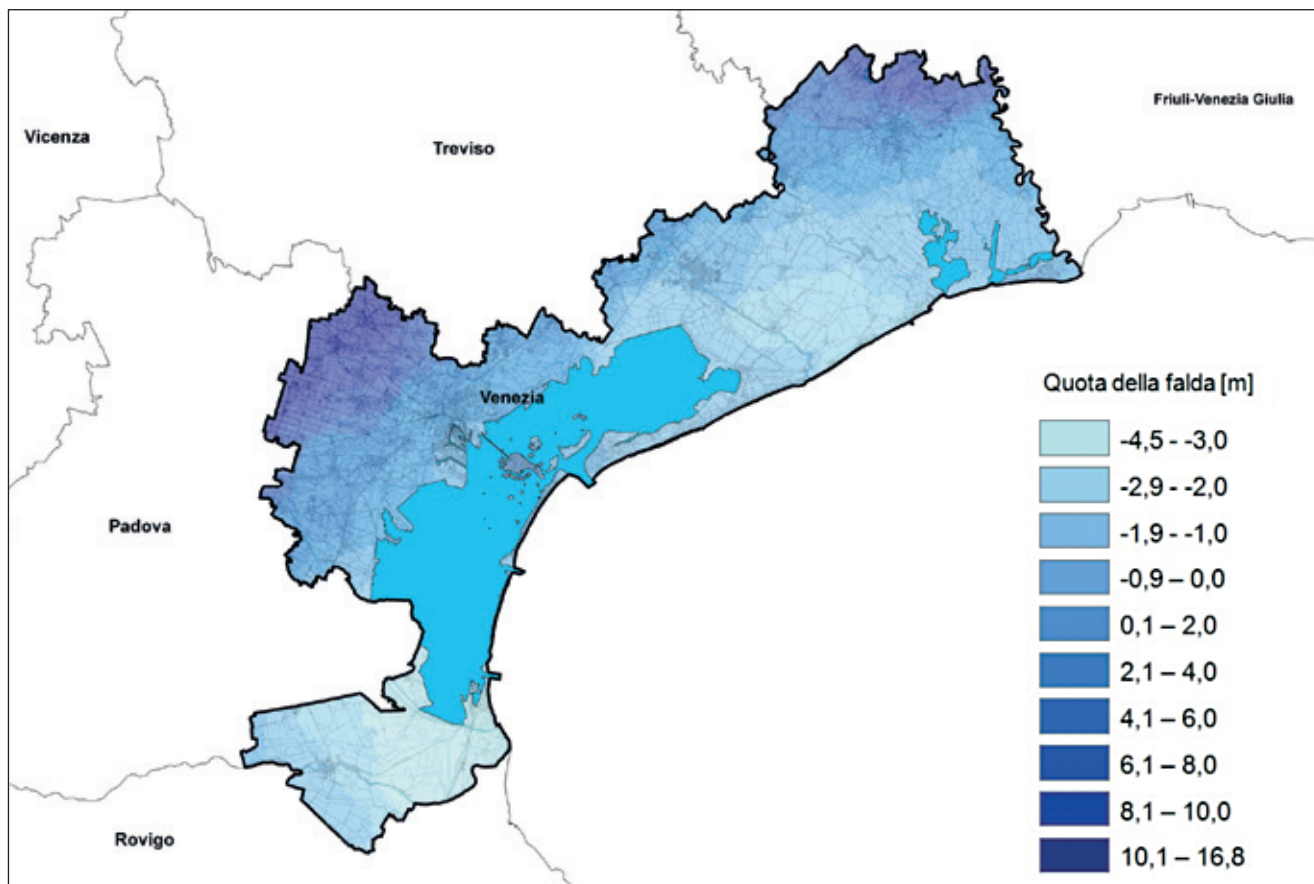


Fig. 13.8 - Carta della quota del livello di saturazione dei terreni (da dati Arpav, maggio 2003).

necessaria per la valutazione dei valori di conducibilità termica reali. Infatti, è stata verificata la profondità della falda per assegnare alle litologie i valori di conducibilità termica reale, satura o insatura, secondo le tabelle riportate nelle pubblicazioni ASHRAE e nella VDI 4640 tedesca. Ben si distingue l'anomalia termica del portogruarese, l'anomalia termica dell'area di Santa Maria di Sala nella fascia centrale e un lieve flusso nell'intorno di Chioggia.

L'anomalia del portogruarese è già stata studiata dal Consorzio di Bonifica Pianura Veneta tra Livenza e Tagliamento (ora Veneto Orientale); indica che molti pozzi per acqua utilizzati per l'approvvigionamento idrico autonomo, captanti acquiferi presenti a profondità comprese tra 50 e 700 m, erogano acqua con temperature variabili da 20°C a 50°C.

L'anomalia di Santa Maria di Sala non è nota, ma dai riscontri che si hanno sia dal gradiente geotermico sia dal flusso sembra che si possa considerare tale. Sembra, osservando anche la Fig.13.9, che l'anomalia Euganea si protenda verso est causando l'innalzamento del gradiente, e quindi anche del flusso, nell'area.

Tutti i dati presi in considerazione sono stati validati; su di essi è stata fatta una particolare indagine statistica evidenziando valori elevati di temperatura a profondità comprese tra 40 e 400 m rispetto alle aree limitrofe.

13.7. CARTA DEL POTENZIALE DI GEOSCAMBIO.

Dalle informazioni di ordine idrogeologico litostratigrafico e termico è stato possibile redigere una prima cartografia di sintesi che si potrebbe definire "Carta del Potenziale di Geoscambio": Tale prodotto ha lo scopo di individuare le aree idonee allo scambio termico e in grado di ospitare diffusamente gli impianti di geoscambio, e inoltre le aree in cui si suggerisce di limitarne la loro applicazione.

13.7.1. Aree di salvaguardia (P.T.A.⁷).

Il D.Lgs. n° 152/2006 stabilisce norme in materia ambientale. In particolare, nella parte terza, si trovano le norme che tutelano e disciplinano le risorse idriche, sia sotterranee che superficiali. Inoltre, pongono l'attenzione sul rispetto delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano.

Le opere di presa, intese come prelievo di acqua, sono preservate principalmente dalle zone di tutela assoluta e dalle zone di rispetto.

Infatti la zona di tutela assoluta è "l'area immediatamente circostante le derivazioni" [...] "in caso di acque sotterranee e, ove possibile, di acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di

⁷ Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.) della Regione Veneto.

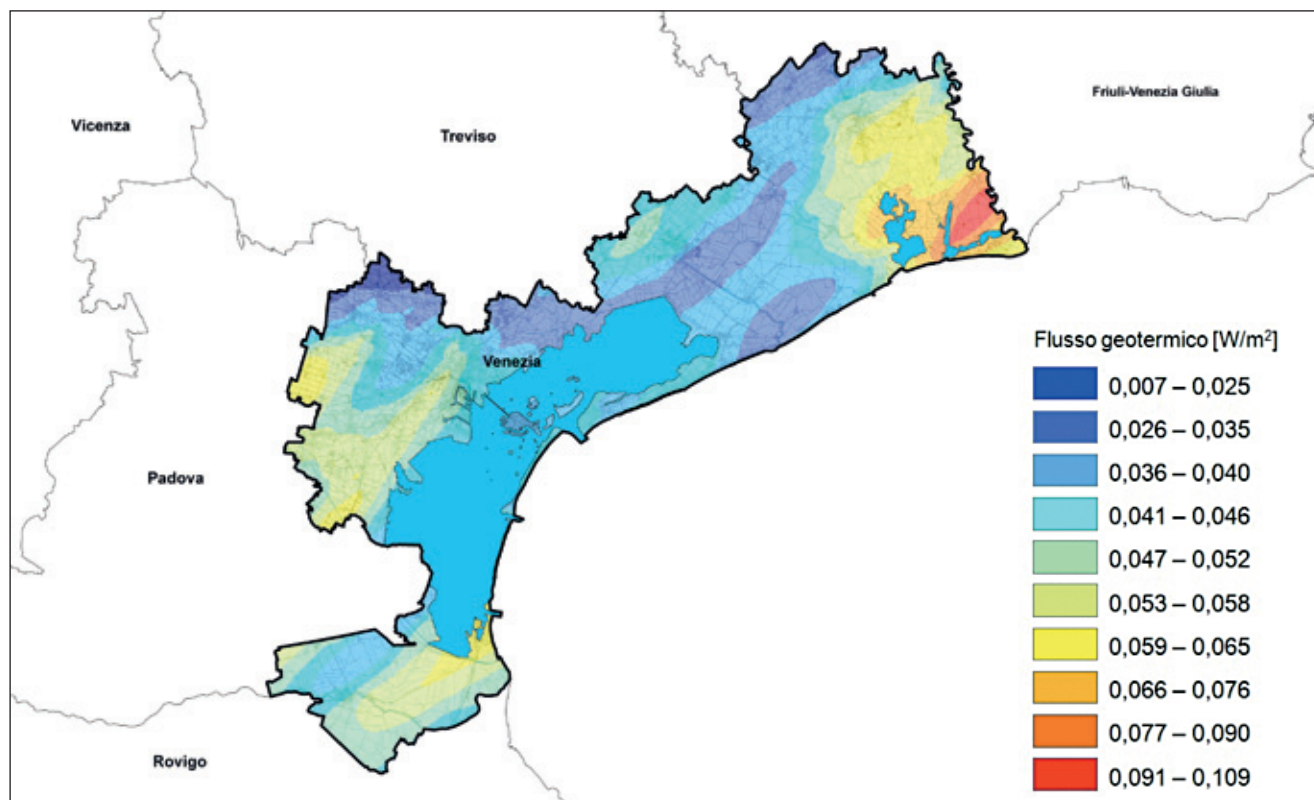


Fig. 13.9 - Carta del flusso geotermico.

raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di presa e ad infrastrutture di servizio". La zona di rispetto è invece la "porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia di opera di presa e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa" (Art. 6 P.T.A.). Nel PTA si identifica, per ogni bacino idrogeologico, la profondità e lo spessore delle falde da sottoporre a tutela (Fig. 13.11).

In questo elaborato viene rappresentata l'ubicazione delle falde protette suddivise per territorio comunale e si indica la loro profondità rispetto al piano campagna, poiché potrebbero essere interessate da impianti di prelievo delle risorse geotermiche che raggiungono tipicamente profondità di un centinaio di metri. Nonostante non ci sia un vero e proprio prelievo di acqua è necessario garantire le caratteristiche di potabilità delle acque non alterandone nessun parametro (la temperatura dell'acqua potrebbe subire variazioni durante l'estrazione di energia geotermica; ecco quindi che il parametro temperatura potrebbe non

rimanere quello indicato nell'indice di potabilità). La Provincia di Venezia esibisce due sole aree comunali in cui sono presenti falde in salvaguardia, nei comuni di Scorzè e Noale (Tab. 13.1). Le falde in protezione si trovano tra 20 e 60 m e tra 280 e 380 m. Gli altri punti indicati nella Fig. 13.10 si riferiscono alle captazioni a uso acquedottistico. Nell'art. 94 del D.Lgs. n° 152/2006 (Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano), al comma 6 si riporta:

"In assenza dell'individuazione da parte delle regioni o delle province autonome della zona di rispetto ai sensi del comma 1, la medesima ha un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione".

Tale indicazione si deve intendere pertanto per ogni tipo di captazione. In Fig. 13.11 si mostra l'area di rispetto di raggio pari a 200 m per un punto di captazione a scopo acquedottistico su CTR in scala 1:50.000.

All'interno delle aree di protezione si prevede la possibilità di installazione di impianti di geoscambio purché venga effettuato uno studio specifico di carattere idrogeologico che provi la non interferenza termica con i livelli acquiferi sottoposti a tutela.

NOME del COMUNE	Sup. ha	ATO	Prof. dal p.c. (m)
Noale	2435,74	Laguna di Venezia	20-60, 280-380
Scorzè	3334,95	Laguna di Venezia	20-60, 280-380

Tab. 13.1 - Comuni nei quali si trova almeno un pozzo di monitoraggio per le falde da sottoporre in tutela.

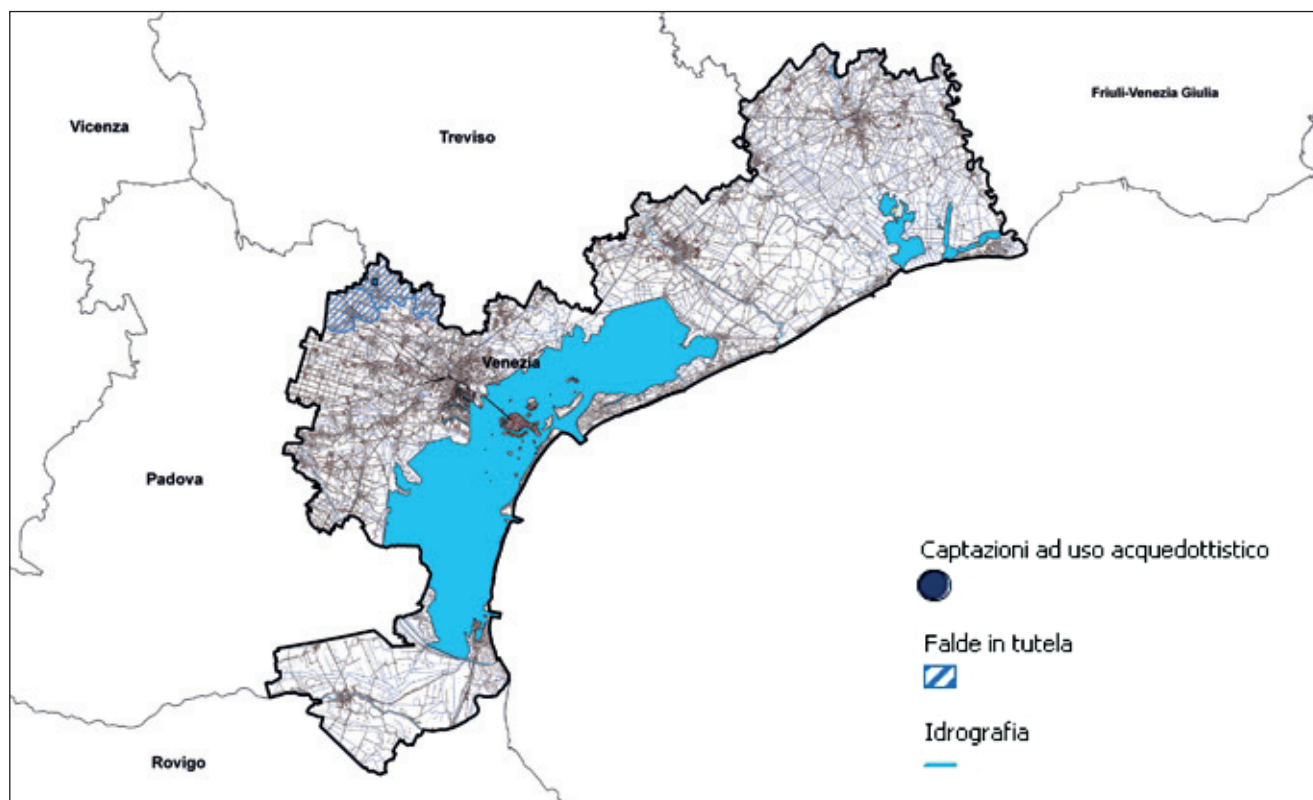


Fig. 13.10 - Le aree di salvaguardia.

13.8. IL GRADIENTE DI TEMPERATURA E LA CONDUCIBILITÀ TERMICA.

Dalle analisi effettuate sulla sensitività dei parametri si è giunti alla conclusione che i parametri da valutare per la carta di sintesi sono la conducibilità termica e il gradiente di temperatura.

La loro distribuzione si può osservare nelle Figg. 13.6 e 13.7. Poiché i valori di tali grandezze non sono confrontabili tra di loro è necessario normalizzarli al valore massimo di entrambi.

Ciò significa che si dividono tutti i valori del gradiente geotermico per il massimo valore da esso assunto, ovvero $0,058^{\circ}\text{C}/\text{m}$, e tutti i valori della conducibilità termica per il valore massimo, ovvero $2,07 \text{ W/mK}$.

I valori dei due parametri si possono confrontare tra di loro e calcolare così il potenziale di geoscambio.

Il potenziale di geoscambio è stato ottenuto dalla combinazione dei parametri di conducibilità e di gradiente termici.

Si è scelto di normalizzare anche i valori del potenziale di geoscambio per poter disporre di una carta di facile interpretazione in cui sono indicate:

- col colore rosso le aree a bassissima capacità di geoscambio;
- col colore arancio quelle a scarsa capacità di geoscambio;
- col colore giallo, quelle a buona capacità di geoscambio;
- col colore verde, quelle a ottima capacità di geoscambio.

Si osserva come la carta di idoneità al geoscambio risenta della maggior influenza del gradiente di

temperatura. Sono ben individuabili le aree a elevato gradiente, in verde, identificate con le aree di anomalia termica nota.

13.9. LA CARTA DI SINTESI

La carta di sintesi (Fig. 13.12 e Tav. 13 alla scala 1:100.000), come è stato detto più volte, può essere uno strumento utile per capire dove pianificare la costruzione di impianti che scambiano calore col terreno.

Si definisce idoneità al geoscambio l'attitudine del terreno a scambiare calore. È una definizione qualitativa che non dà nessun valore di riferimento, ma si limita a indicare zone di idoneità alta, media, bassa e scarsa.

La carta di sintesi deriva dalla combinazione delle tematiche indicanti le aree di salvaguardia e la carta dell'idoneità al geoscambio.

La carta delle aree di salvaguardia non definisce un potenziale sfruttabile, ma individua le aree in cui lo scambio termico nel sottosuolo può comportare dei pericoli nei confronti di livelli acquiferi pregiati.

Nella Fig. 13.13 si possono osservare, in colore rosso, i punti di captazione e i comuni in cui ricadono falde sottoposte a tutela. La carta di sintesi costituisce un prodotto di carattere qualitativo che si limita a differenziare zone a diversa idoneità allo scambio termico, e come tale può costituire uno strumento utile alle politiche di pianificazione territoriale a vari livelli, prevedendo eventuali politiche di sostegno o incentivanti nelle aree di maggiore attitudine o valutarne l'opportunità nelle aree di vincolo.

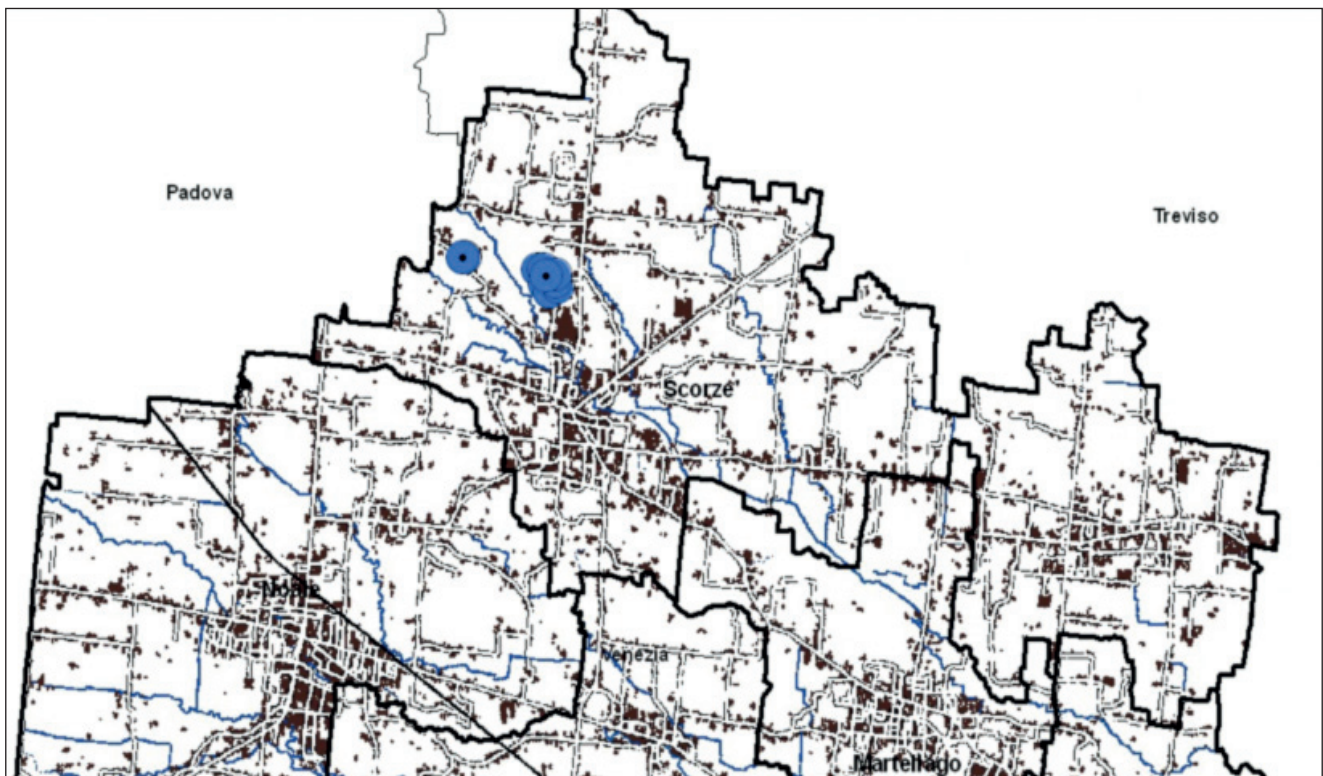


Fig. 13.11 - Identificazione dell'area di rispetto di 200 m intorno a un punto di captazione nel comune di Scorze (scala 1:50 000 circa).

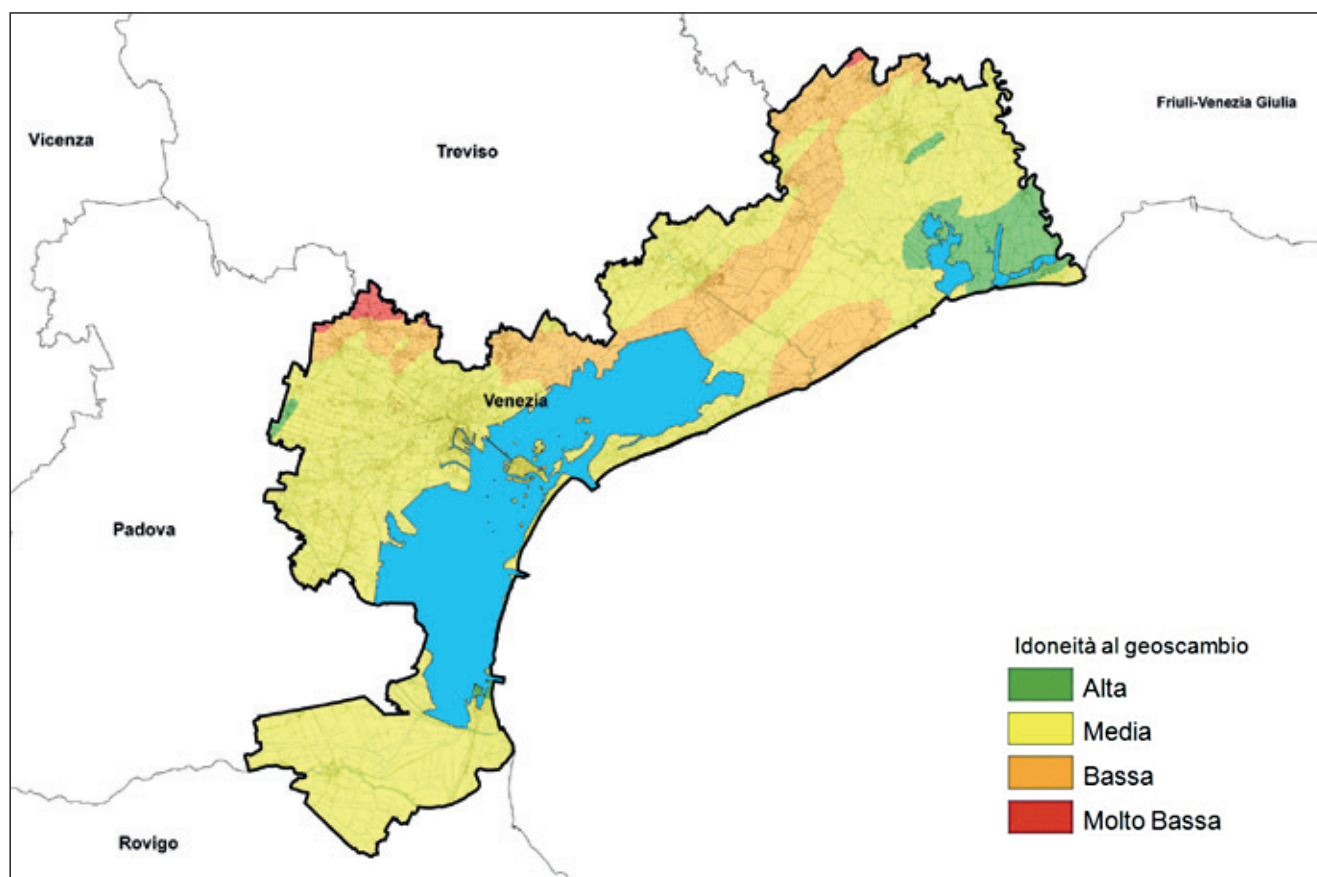


Fig.13.12 - Carta dell'idoneità al geoscambio.

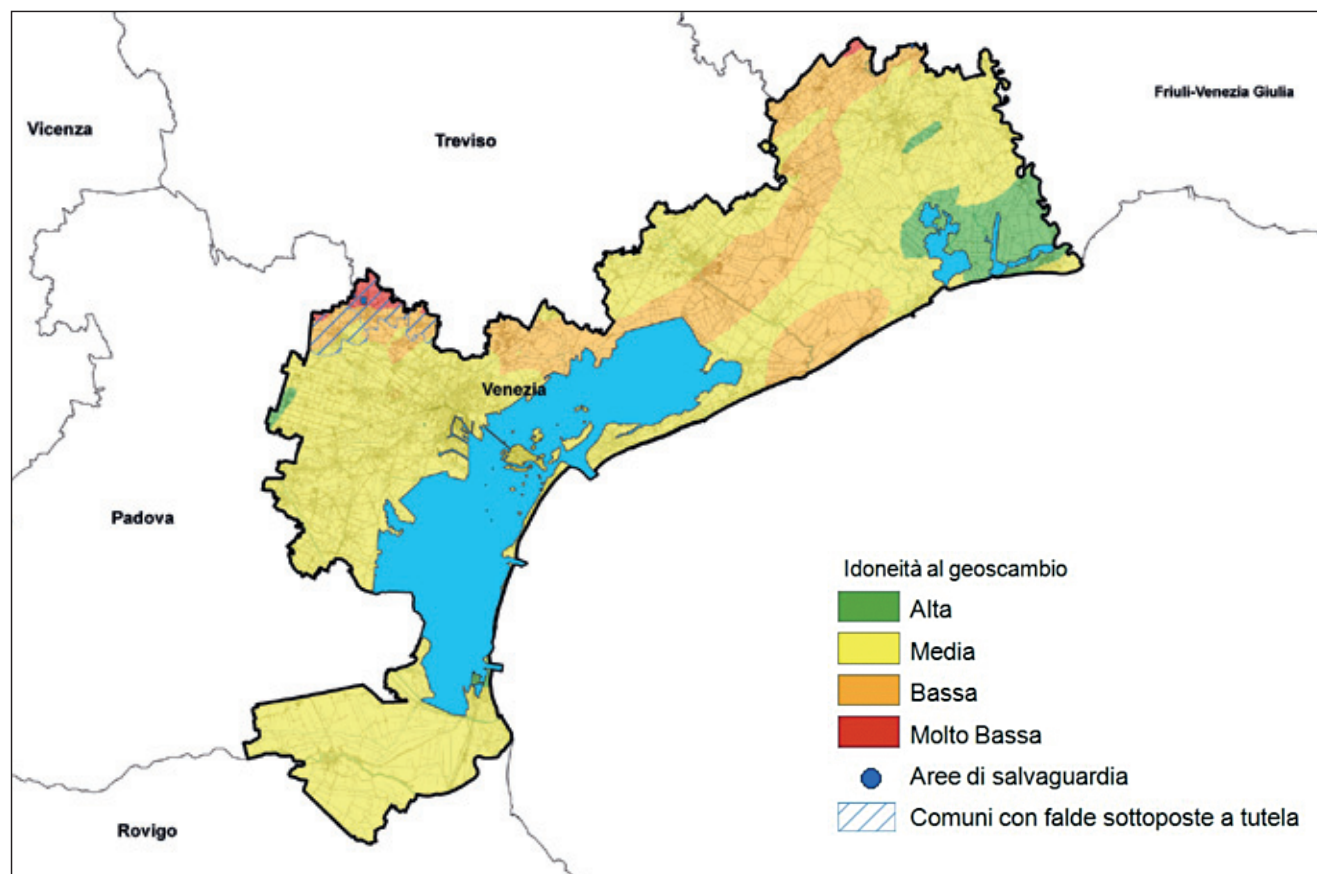


Fig. 13.13 - Carta di sintesi o carta dell'idoneità al geoscambio con falde sottoposte a tutela.

