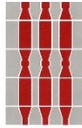


# Il progetto europeo GeoERA



Horizon 2020  
European Union funding  
for Research & Innovation

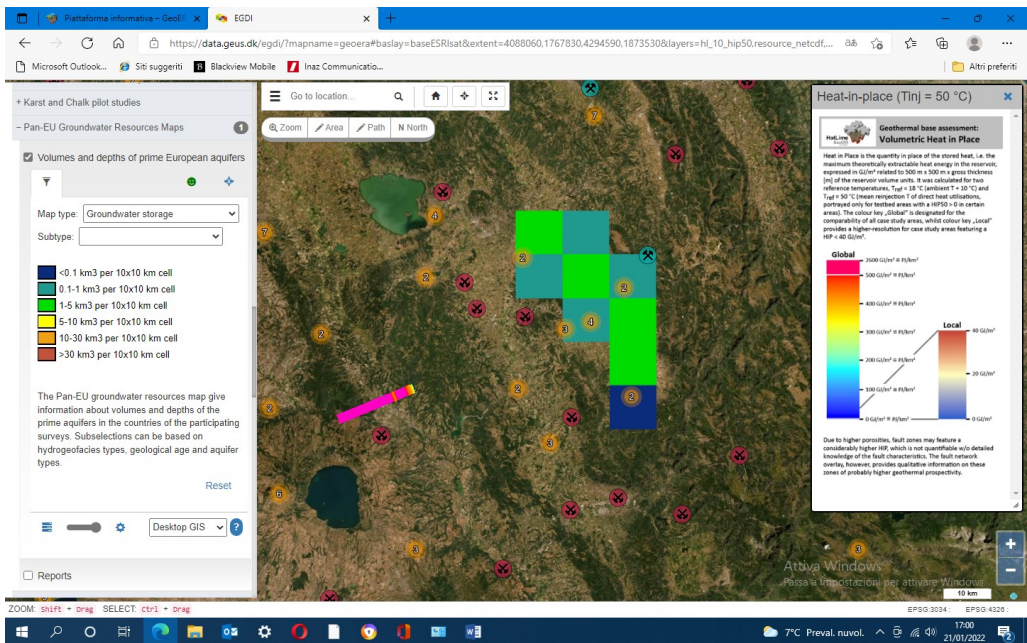
# GeoERA



## Regione Umbria

Sezione Caratteristiche geologiche del territorio

Di Andrea Motti, Norman Natali, Marco Ognà, Sonia Mariuccini



Febbraio 2022

## 1-Premessa

## 2-Partecipanti e modalità di funzionamento del Consorzio

## 3-Progetto Hotlime-Risultati e banche dati

## 4-Progetto Mintell4EU-Risultati e banche dati

## 5-Progetto Resources-Risultati e banche dati

## 6-Conclusioni e avanzamenti

### 1-Premessa

Nel 2016 il Servizio Geologico della Regione Umbria ha deciso di partecipare al mega progetto denominato GeoERA (Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe). Il progetto GeoERA ha definito come obiettivi generali di integrare le informazioni e la conoscenza dell'energia geotermica, delle risorse idriche sotterranee e delle materie prime per gestire in maniera integrata, responsabile e pubblica l'uso delle risorse europee del sottosuolo. Successivamente è stato firmato il contratto (grant agreement) tra la CE (Commissione Europea) e il consorzio formato da 45 soggetti pubblici di 32 paesi europei.

L'entità globale del progetto vale 30 milioni di Euro come lavoro fatto dai partecipanti per diversi 15 progetti delle 4 diverse tematiche.



#### Energia geotermica.

Gli obiettivi per la generazione di tali informazioni sono di consentire decisioni politiche a supporto di uno sfruttamento sicuro e responsabile delle risorse e delle capacità del sottosuolo, nonché di sensibilizzare l'opinione pubblica sui potenziali contributi del sottosuolo che aiutano a far fronte alle sfide energetiche e climatiche dell'Europa. Le attività di ricerca si concentrano in genere su: stabilire metodologie all'avanguardia per la mappatura e la valutazione armonizzata di potenziali risorse e capacità; migliorare l'interoperabilità dei set di dati geologici alla base di tali valutazioni; implementazione di informazioni generali e informazioni scientifiche nel settore politico tenendo conto dei collegamenti tematici con le acque sotterranee e le risorse minerali.



#### Materie prime.

Le materie prime sostengono lo sviluppo della società e l'ambizione dell'Europa per la crescita economica e il benessere. La Commissione Europea riconosce l'importanza delle materie prime attraverso la sua iniziativa sulle materie prime (RMI), la piattaforma europea per l'innovazione sulle materie prime (EIP-RM) e il finanziamento di Horizon 2020, in particolare attraverso la sfida della società 5 –

Azione per il clima, ambiente, efficienza delle risorse e materie prime. Queste iniziative hanno come obiettivo generale la sicurezza e la sostenibilità dell'approvvigionamento di materie prime da fonti interne dell'UE e altre fonti (primarie e secondarie) con la gestione contemporanea del suolo e del sottosuolo europeo. GeoERA mira ad ottimizzare l'uso e la gestione delle materie prime, minimizzando al contempo potenziali impatti ambientali, sanitari e sociali negativi. GeoERA affronta sia le risorse on-shore che off-shore. Considera tutte le materie prime - metalli, minerali industriali, materiali da costruzione e in particolare materie prime critiche e considera tutte le parti della catena del valore nel contesto dell'economia circolare. In particolare, il tema delle materie prime contribuirà allo sviluppo dell'utilizzo intelligente dei minerali (annuario dei minerali e inventario dei minerali) e all'innovazione attraverso lo sviluppo di studi pilota specifici come: materie prime per ambienti difficili e nuove frontiere, elementi energetici critici, stoccaggio dell'energia, telecomunicazioni, trasporti, benessere della società, migliorare le conoscenze geologiche e metallogeniche regionali europee, modelli genetici ed esplorativi esistenti, creare modelli 3D/4D e sistemi di utilizzo predittivo 3D. Il tutto al fine di sviluppare strumenti e tecnologie di esplorazione più efficienti ed efficaci che portino all'approvvigionamento di materie prime autoctone ed allo sviluppo dell'industria europea e della qualità della vita per tutti i suoi cittadini.



#### Acque sotterranee.

L'obiettivo del tema acque sotterranee di GeoERA è fornire dati, informazioni e strumenti di supporto decisionale per la protezione a lungo termine, la gestione sostenibile e il miglioramento delle risorse idriche sotterranee in Europa, nel quadro delle sfide della società e delle politiche dell'UE. Sono necessarie metodologie innovative per affrontare la diversità delle impostazioni idrogeologiche e la gamma di scale: da regionale a paneuropea, sviluppando congiuntamente strumenti e metodologie efficaci per il monitoraggio, la modellazione, la gestione e la visualizzazione dei dati, in stretta collaborazione con gli altri temi di GeoERA, questo lavoro migliorerà la comprensione dei sistemi di acque sotterranee e la loro interazione con le acque superficiali e gli ecosistemi.



#### Informatizzazione.

I temi della geoenergia, delle acque sotterranee e delle materie prime condividono l'obiettivo comune di fornire e diffondere informazioni spaziali sulle rispettive risorse e alla base dei dati geologici. Poiché l'integrazione intertematica delle informazioni è un aspetto importante da affrontare in GeoERA, è stato introdotto un tema specifico su una "piattaforma di informazione" che integra efficacemente tutte le questioni relative alle ICT e tecniche (database e diffusione) dalle tre tematiche sfidanti.

Nell'ambito del tema della piattaforma di informazione è stato assegnato un progetto e questo riguarderà lo sviluppo di una piattaforma di informazione di geoscienza comune in grado di integrare dati aggiornati, interpretazioni e modelli da fonti diverse e distribuite, sia all'interno che attraverso i tre principali temi geoscientifici di GeoERA. La piattaforma si basa sui risultati ottenuti durante lo sviluppo dell'infrastruttura europea di dati geologici (EGDI) (vedi [www.europe-geology.eu](http://www.europe-geology.eu)) che è stata implementata in una prima versione nel 2016 dai membri del gruppo di esperti di informazioni spaziali EuroGeoSurveys.

Due anni sono stati utilizzati per i negoziati tra i 33 paesi europei per la suddivisione delle risorse in base "all'attendibilità" del paese, alla dimensione, alle capacità tecniche, etc.

Questi sono i 15 progetti che dopo una valutazione «cieca» ed una successiva validazione tecnico-scientifica a livello internazionale sono stati approvati.

Acronym	Theme	SRT	Exc.	Impact	Impl.	Total score	Requested budget (€)	Cumulative budget (€)	Left over budget (€)
Gip-P	IP	IP1	3.5	3.5	3.5	10.5	3,860,804	3,860,804	39,196
HOVER	GW	GW1	5	4.5	5	14.5	2,999,814	2,999,814	772
TACTIC	GW	GW2	4.5	4.5	4.5	13.5	1,799,979	4,799,793	
RESOURces	GW	GW3	3.5	4	4	11.5	2,465,654	7,265,447	
VoGERA	GW	GW4	3.5	4	4	11.5	433,781	7,699,228	
MINDeSEA	RM	RM3	3.5	4	4,5	12	783,285	783,285	
Mintell4EU	RM	RM1	4	3	5	12	2,859,159	3,642,444	517,565
EuroLithos	RM	RM2	4	3	4	11	1,100,357	4,742,801	
FRAME	RM	RM4	3.5	3	4	10.5	3,139,634	7,882,435	
AGRRE-GRADES	RM	RM2	3	3	4.5	10.5	1,936,616	9,819,051	
MUSE	GE	GE2	4.5	4	4.5	13	1,313,260	1,313,260	227,933
HotLime	GE	GE2	4	4	4	12	1,658,728	2,971,988	
HIKE	GE	GE4	4	4	4	12	1,620,649	4,592,637	
3DGEO-EU	GE	GE5	4	3.5	4	11.5	3,651,677	8,244,314	
GeoConnect <sup>3d</sup>	GE	GE6	4	3.5	4	11.5	1,827,753	10,072,067	
GARAH	GE	GE1	3.5	3.5	3.5	10.5	1,060,707	11,132,774	
GEO4Sure	GE	GE2	3.5	3.5	3.5	10.5	974,719	12,107,493	
Total awarded budget 29,514,534 EUR									
Total left over budget 785,466 EUR									

Il Servizio Geologico della Regione Umbria ha contribuito alla «riuscita» di 3 progetti su 3 (1 progetto per ogni tematica).

Tutti i progetti sono iniziati operativamente dal luglio 2018 e si sono conclusi nel dicembre 2021 (6 mesi sono stati aggiunti a causa della pandemia covid) <https://geoera.eu>.

I risultati già sono utilizzati dalla CE per programmare i cicli di programmazione settennale, per uniformare unità di misura, predisporre linee guida, proporre normative tecniche.



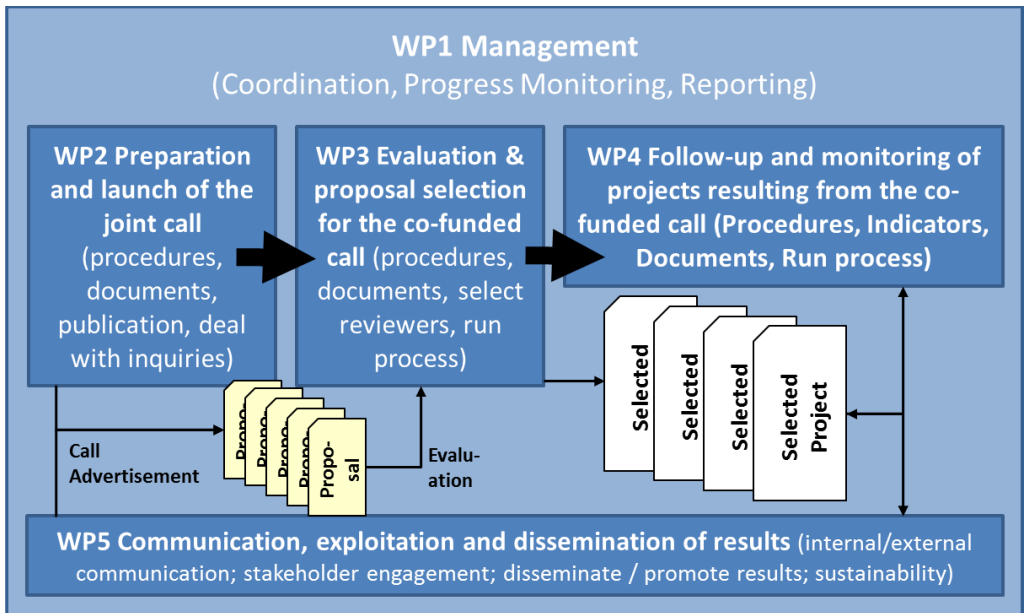
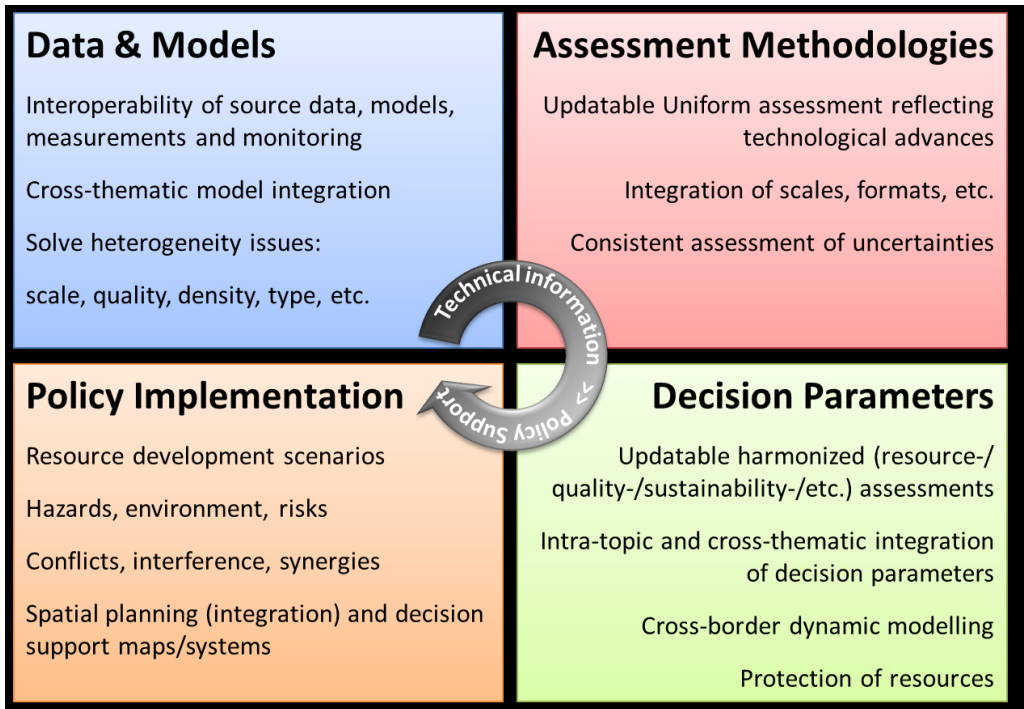
## 2- Partecipanti e modalità di funzionamento del Consorzio

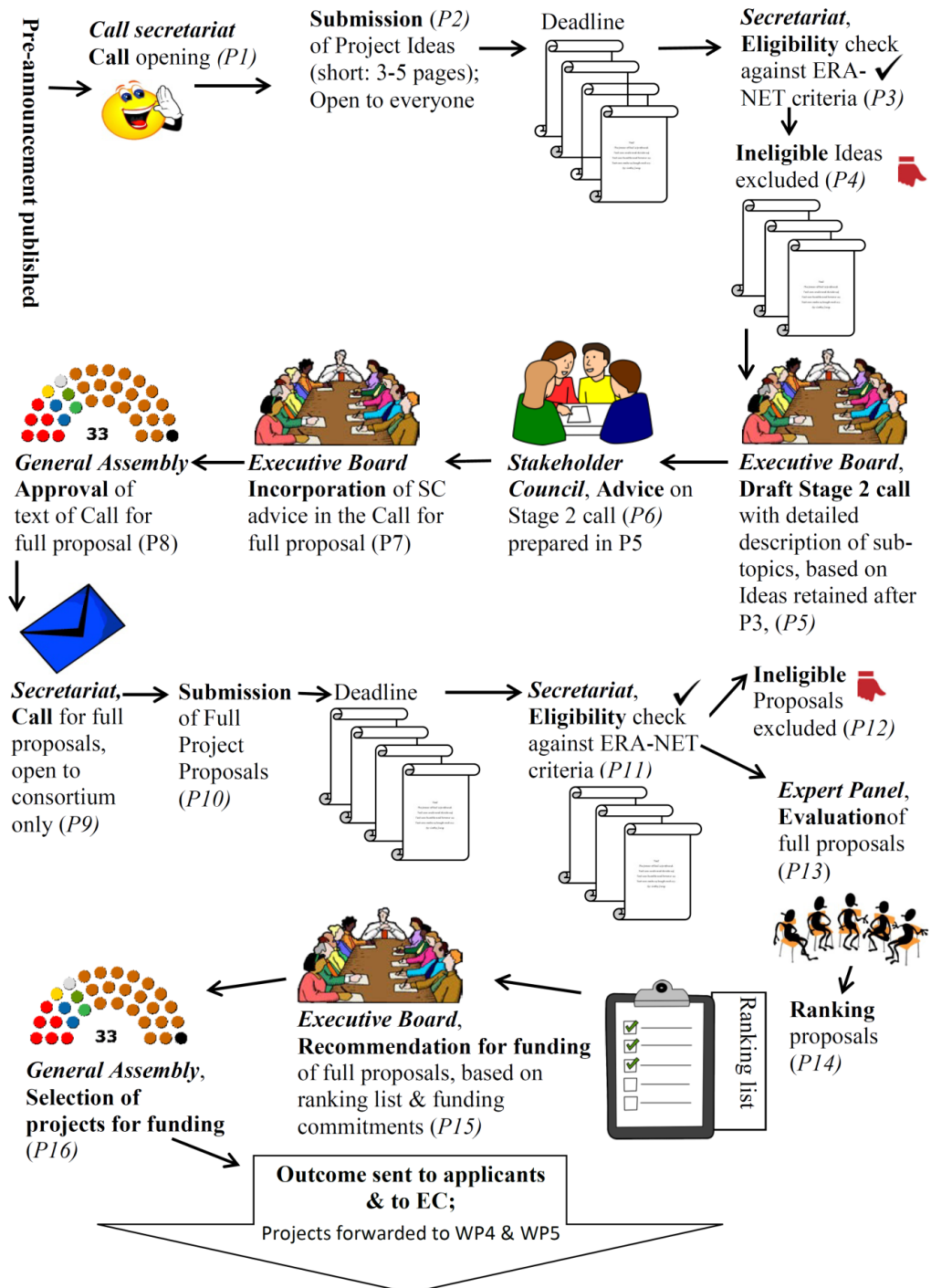
I partecipanti al mega progetto GeoERA sono di seguito elencati e si sono costituiti in Consorzio gestito da un apposito Comitato di cui facevano parte tutti i componenti con diritto di voto. Da notare che il Servizio Geologico della Regione Umbria è stato uno dei pochi componenti che, con votazioni all'unanimità dei componenti del consorzio, ha avuto incrementi di risorse in 2 su 3 dei progetti a cui partecipava.

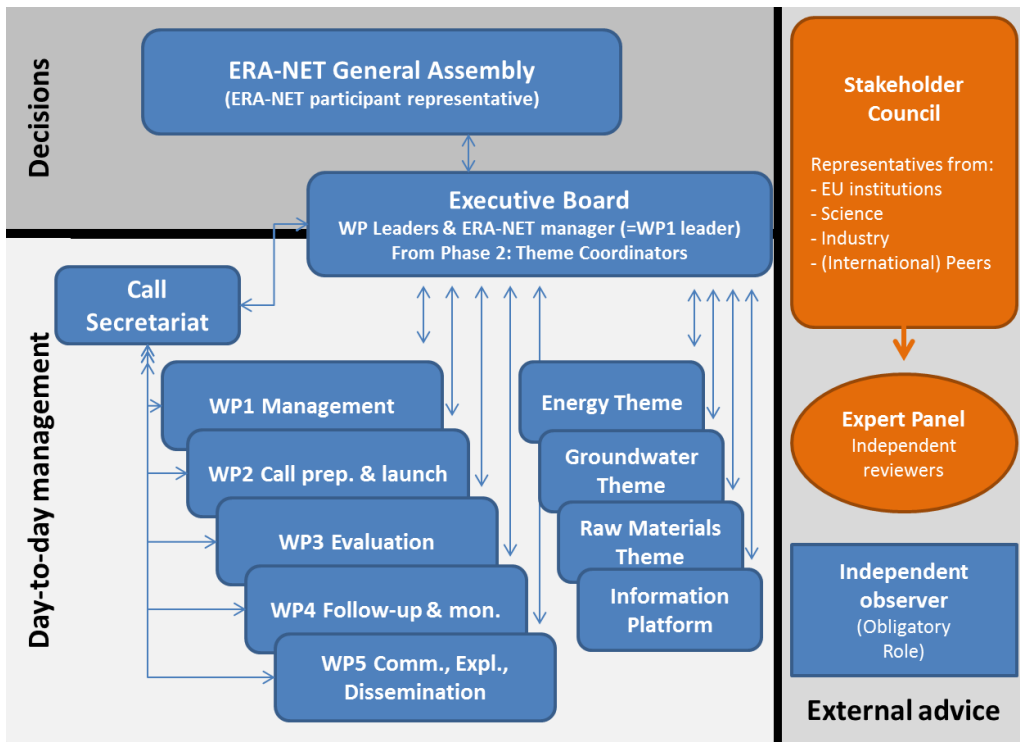
- Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO), the Netherlands [the **Coordinator**]
- Albanian Geological Survey (AGS), Albania
- Geologische Bundesanstalt (GBA), Austria
- Royal Belgian Institute of Natural Sciences – Geological Survey of Belgium (RBINS-GSB), Belgium
- Vlaams gewest – Departement Leefmilieu, Natuur en Energie - Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen (LNE-ALBON), Belgium
- Vlaamse Milieu Maatschappij - Flanders Environment Agency (VMM), Belgium
- Federalni zavod za geologiju (Geological Survey of Federation of Bosnia and Herzegovina) (FZZG), Bosnia-Herzegovina
- *Geological Survey of the Republic of Srpska (GSRS), Bosnia-Herzegovina*
- Hrvatski Geološki Institut (HGI-CGS), Croatia
- Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment of Cyprus – Geological Survey Department (GSD), Cyprus
- Ceska Geologicka Sluzba – Czech Geological Survey (CGS), Czech Republic
- Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Denmark
- *Eesti Geoloogiakeskus – Geological Survey of Estonia (EGK), Estonia*
- Geologian tutkimuskeskus (GTK), Finland
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), France
- *Geological Survey of the Republic of Macedonia, FYROM<sup>1</sup>*
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Germany
- *Regierungspräsidium Freiburg - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Germany<sup>1</sup>*
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Germany
- Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR), Germany
- *Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG), Germany<sup>1</sup>*
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG), Germany
- Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB), Germany
- Institute of Geology and Mineral Exploration (IGME-Greece), Greece

- Magyar Földtani és Geofizikai Intézet - Geological and Geophysical Institute of Hungary (MFGI), Hungary
- Islenskar orkurannsóknir - Iceland GeoSurvey (ISOR), Iceland
- Geological Survey of Ireland (GSI), Ireland
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Italy
- Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (SGSS), Italy
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte (ARPAP), Italy
- Regione Umbria – Servizio Geologico (RU), Italy
- *Kosovo Geological Service (KGS), Kosovo*
- Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre (LEGMC), Latvia
- Lietuvos Geologijos Tarnyba prie Aplinkos Ministerijos (LGT), Lithuania
- Service Géologique du Luxembourg (SGL), Luxembourg
- Ministry for Transport and Infrastructure (MTI), Malta
- The Geological Survey of Norway (NGU), Norway
- Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), Poland
- Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Portugal
- Institutul Geologic al României (IGR), Romania
- *Geological Survey of Serbia (GSS), Serbia*
- State Geological Institute of Dionyz Stur (SGIDS), Slovakia
- Geološki zavod Slovenije (GeoZS), Slovenia
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME-Spain), Spain
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), Spain
- Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), Sweden
- State Research and Development Enterprise State Information Geological Fund of Ukraine (GEOINFORM), Ukraine
- Natural Environment Research Council (NERC), United Kingdom

Le modalità generali di lavoro del consorzio sono riassunte di seguito.







### 3-Progetto Hotlime-Risultati e banche dati

Il progetto Hotlime è un progetto di mappatura e valutazione delle risorse geotermiche in rocce carbonatiche profonde. Questo progetto identifica i controlli geologico-strutturali generici nelle formazioni carbonatiche in profondità, attraverso un confronto tra situazioni geologiche, le caratteristiche geologico-strutturali, la raccolta di dati di pozzi profondi e le loro caratteristiche petro e idro-fisiche. Una valutazione coerente e la condivisione delle conoscenze - portando tutti i partner a un livello comune elevato - si traduce in flussi di lavoro delle migliori pratiche uniformemente applicabili per la stima, il confronto e la classificazione prospettica delle risorse geotermiche nelle rocce carbonatiche in profondità.

I partecipanti al progetto sono: LfU (DE), GSI (IE), TNO (NL), VLO (BE), GBA (AT), LGRB (DE), ISPRA (IT), GeoZS (SI), RER-SGSS (IT), HGI-CGS (HR), OPM (MT), ARPAP (IT), GEOINFORM (UA), CGS (CZ), RU (IT), ICGC (ES).

#### Obiettivi (1)

Con la scoperta del campo geotermico di Torre Alfina e Castel Viscardo durante le ricerche condotte da ENEL alla fine degli anni '70-'80 si è acquisita una buona conoscenza per definire la struttura del potenziale serbatoio e determinare le possibili temperature al di sopra di esso. Ad oggi sono stati perforati 10 pozzi, 5 dei quali hanno eccellenti caratteristiche di permeabilità, 3 inizialmente permeabili, ma inutilizzabili e 2 asciutti.

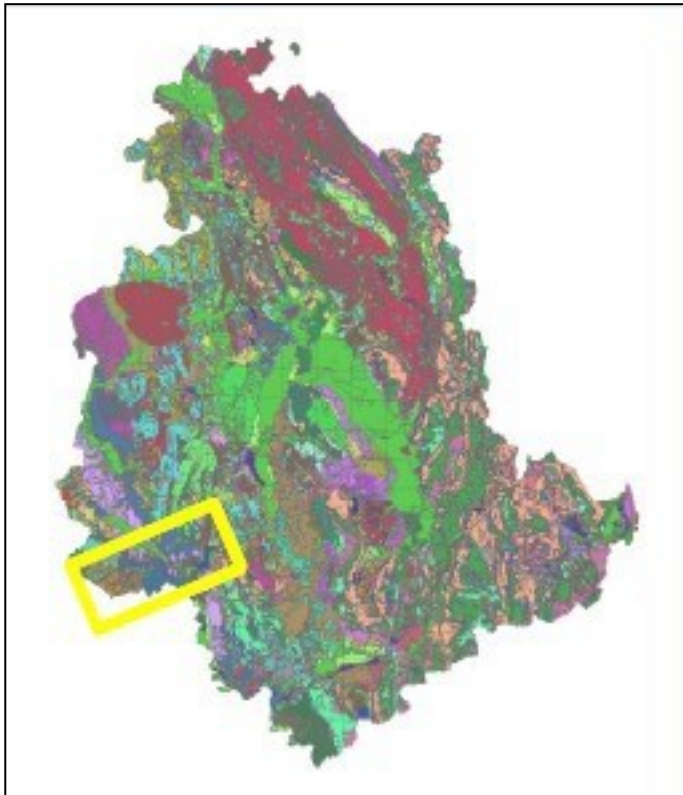
La maggior parte di essi ha una profondità compresa tra 600/800m e 2.368m. Il pozzo denominato Alfina 15 ha raggiunto la profondità di 4.826m.



I rapporti sui pozzi includono composizione, temperatura, velocità e resistività dell'acqua. La ITWLKW Geotermia Italia SpA è stata l'unica azienda in Italia ad avere ottenuto una Valutazione nazionale positiva di Impatto Ambientale per lo sfruttamento di risorse geotermiche di entalpia medio-alta (circa 150°) per la produzione di elettricità.

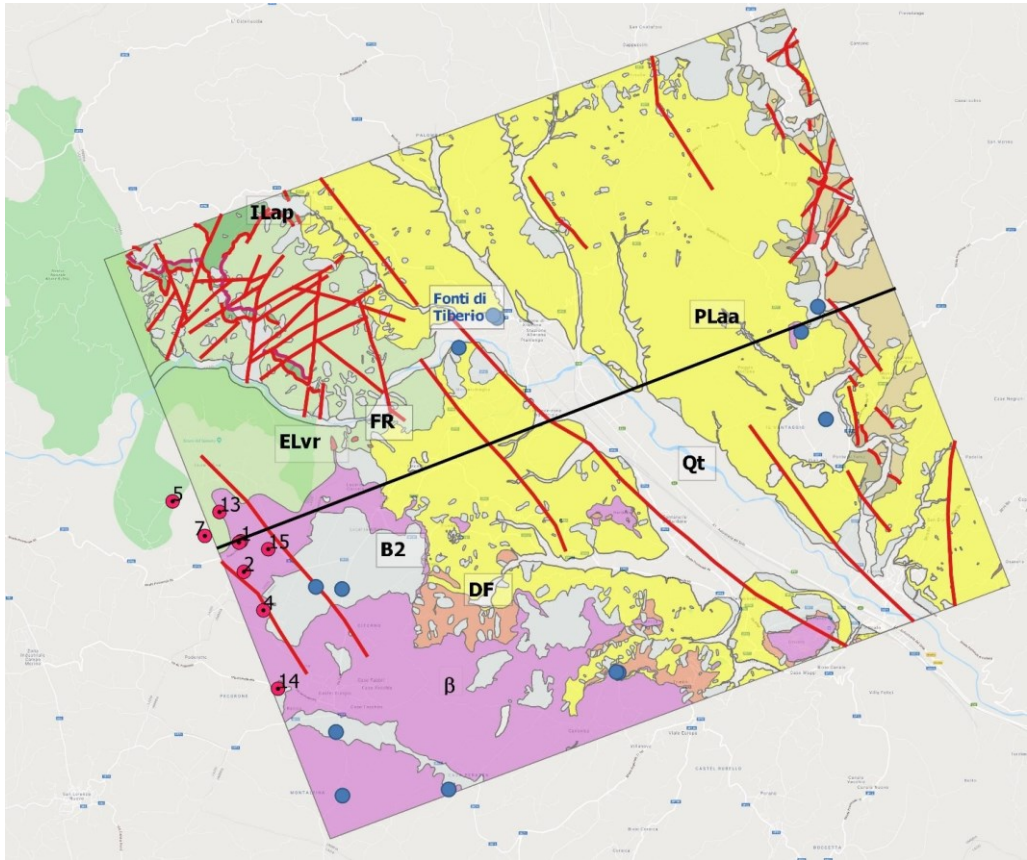
### **Area di studio e impostazione geologica (2)**

L'area pilota si trova nell'Italia centrale (vedi figura 1), all'interno del territorio della Regione Umbria, copre 240 Km<sup>2</sup> di superficie ed è parzialmente contenuta nel Lazio settentrionale.



**Figura 1: Area di studio all'interno del territorio della Regione Umbria.**

L'area, mostrata nella mappa geologica della figura 2, è divisa in due parti: la prima, nella parte settentrionale e orientale, è occupata dai depositi continentali quaternari, dai depositi marini plio-pleistocenici e dalle unità appartenenti al dominio toscano; la seconda parte, a sud-ovest dell'area, comprende depositi magmatici quaternari dell'apparato vulcanico di Torre Alfina e dei Monti Vulsini e le unità del Dominio ligure.



**Figura 2: Carta geologica dell'area del caso di studio con ubicazione dei pozzi geotermici profondi e delle sorgenti.**

In affioramento sono presenti i depositi continentali quaternari (**Qt**), indicati con un colore grigio chiaro sulla mappa, di età olocenica: sono formati da depositi di pianura alluvionale e sono costituiti da sabbie, ghiaie e limi.

Il dominio ligure è costituito da successioni sedimentarie che rappresentano i resti dell'oceano piemontese-ligure. Esso è diviso in due parti: il dominio interno e quello esterno.

L'interno è rappresentato da successioni deposte nel bacino oceanico piemontese-ligure, ora smembrate e affioranti in diverse unità tettoniche. Nella nostra zona troviamo affioramenti di arenarie e calcari (**ILap** Calcari a Calpionella e Scisti a Palombini), indicati in colore verde scuro sulla mappa, che derivano da torbiditi e pelagiti distali silicoclastiche e carbonatiche in una spessa successione torbiditica di composizione principalmente silicoclastica. L'intera successione risale alla prima parte dell'età Cretacea. Il dominio esterno (**ELvr**), indica una successione di scisti varicolori alternati a siltiti, calcari silicei, marne calcaree e arenarie carbonatiche.

Il dominio toscano è rappresentato dall'Unità Rentella che affiora nella parte sud-orientale dell'area di interesse. È una successione con caratteri stratigrafici intermedi tra la successione toscana e la successione umbro-marchigiana. Tettonicamente l'Unità Rentella è interposta tra le unità toscane e le unità umbre sottostanti. La parte basale di questa sequenza (**Rest**), indicata in giallo sulla mappa, è rappresentata da marne varicolori, calcari marnosi e siltiti di età rupeliana-aquitaniense.

Sopra seguono arenarie, marne torbiditiche e marne siltitiche con livelli ricchi in silice di età Aquitaniano-Burdigaliano, (**Rear**), indicati in marrone scuro sulla mappa; la presenza di frammenti litici con numerosi clasti di origine sedimentaria consente di differenziare questa successione dalle sequenze silicoclastiche torbiditiche del dominio toscano adiacente.

Nello stesso periodo in cui si è depositata la parte basale dell'Unità Rentella, possiamo trovare in affioramento le Marne di Civago e le Marne di Villore (Scaglia Toscana) (**CFvl**), indicate in giallo scuro sulla mappa, costituite da marne variegata e marne argillose di colore variabile dal grigio chiaro al verdastro, a volte rossastro che testimoniano la sedimentazione pelagica ed emipelagica che precede l'instaurarsi di un bacino di avanfossa con sedimentazione torbiditica (Cretaceo-Miocene inferiore).

I depositi marini del Pliocene-Pleistocene fanno parte della successione miocenica-pleistocenica del margine tirrenico e dei bacini interni; si presentano composti e fortemente eterogenei, principalmente clastici e con carbonati ed evaporiti in quantità molto subordinate; essi sono collegati alle fasi deposizionali post-orogeniche che hanno avuto luogo nell'arco posteriore dell'Appennino settentrionale dal Miocene medio-tardo.

I depositi marini del Pliocene (**Plaa**), indicati in colore giallo scuro sulla mappa, si estendono sia ad ovest che ad est della dorsale toscana centrale, sono costituiti da argille fossilifere, limi e sabbie.

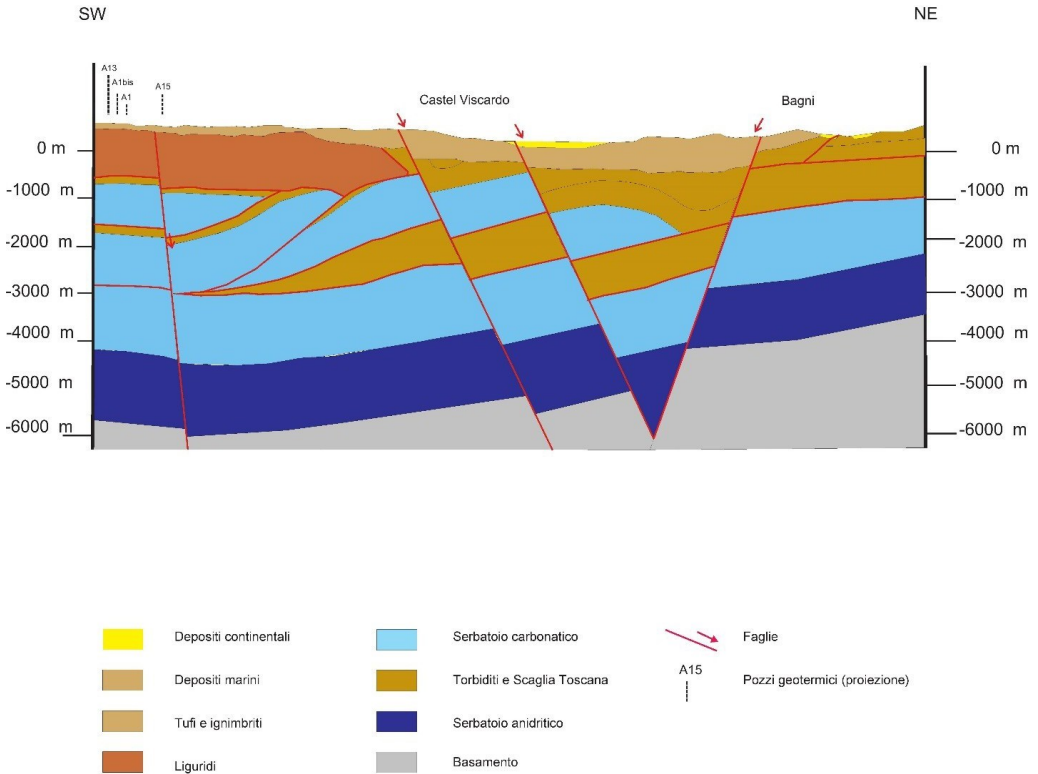
**Depositi vulcanici:** dopo le fasi tettoniche compressive che hanno portato alla sovrapposizione delle varie unità tettoniche si instaura un'importante attività magmatica nel margine tirrenico dell'Appennino settentrionale, contemporanea alle fasi tettoniche distensive che caratterizzano quest'area durante il Neogene. Questa attività magmatica dà luogo a rocce magmatiche effusive e piroclastiche (**β**) indicate sulla mappa in colore rosa. Questi domini paleogeografici includono le unità litostratigrafiche riferite alle principali unità tettoniche. Nell'area di interesse possiamo trovare quattro diverse unità tettoniche che si sono sovrapposte durante la fase di compressione del Miocene. Procedendo dal più alto e originariamente più occidentale troviamo: le unità liguri, le unità toscane, le unità toscano-umbre e le unità umbro-marchigiane.

Tutto questo complesso sedimentario determinatosi alla fine del Miocene, è stato successivamente smembrato dalla tettonica distensiva plio-pleistocenica attraverso faglie dirette ad alto angolo e con vergenza verso NE o verso SO.

La figura 6 mostra due tipi di faglie principali in colore rosso: sovrascorrimenti legati alla tettonica di compressione NO-SE di età miocenica, con una vergenza NO-SE che testimonia il rovesciamento delle unità del dominio toscano sulla Formazione della Scaglia Toscana e della sequenza carbonatica toscana che, a sua volta è sovrascorsa sull'Unità Rentella che è sovrascorsa sulla serie calcarea umbro-marchigiana allo stesso modo.

### Descrizione dei principali serbatoi carbonatici (3)

Nella sezione di figura 3 viene illustrata la sezione geotermica: con il colore azzurro sono indicati i due principali serbatoi carbonatici presenti.

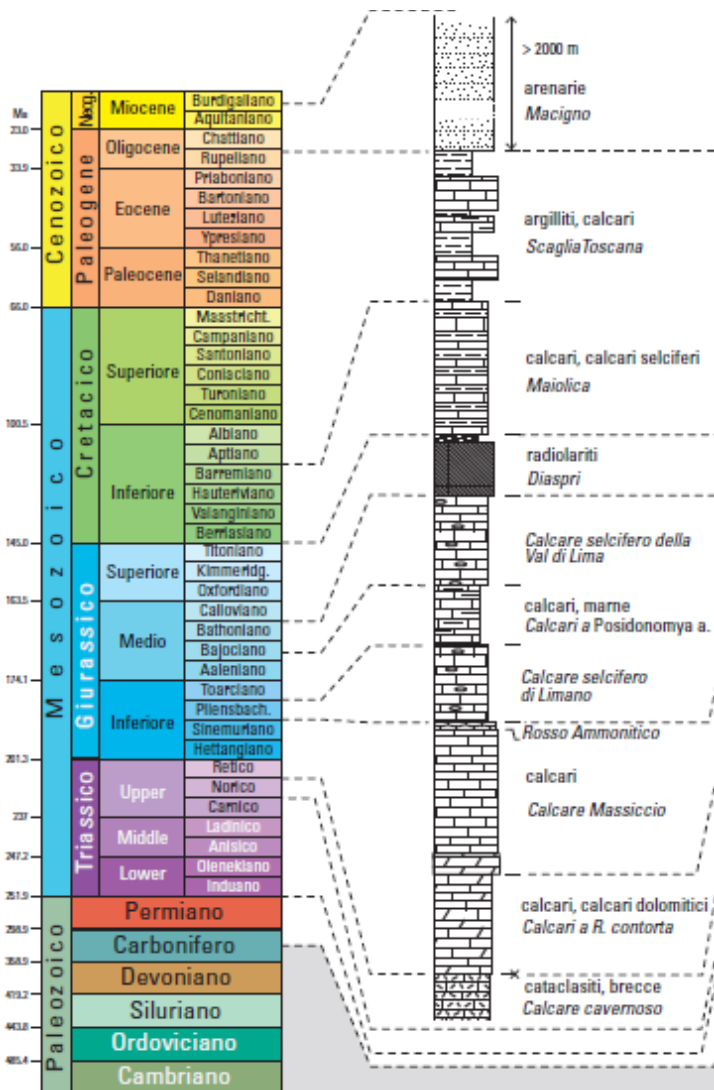


**Figura 3: Sezione geotermica.**

L'evoluzione tettonica dell'area indica che, durante la fase di compressione miocenica, la successione carbonatica e la Scaglia Toscana, che la ricopriva, si sovrappose alla sequenza carbonatica umbra includendo l'Unità Rentella al tetto, caratterizzata da marne varicolori e calcari marnosi. In questo modo si sono creati due serbatoi carbonatici geotermici sovrapposti e limitati al tetto dalle unità impermeabili della Scaglia Toscana e dall'Unità di Rentella.

Il serbatoio carbonatico più superficiale è costituito dalla sequenza calcarea toscana che ha un'età compresa tra il Trias e il Miocene inferiore; la stratigrafia della sequenza toscana (vedi figura 4) testimonia una sedimentazione carbonatica di piattaforma continentale avvenuta dal Norico al Giurassico inferiore (Hettangiano).

A partire dal Sinemuriano, una tettonica distensiva legata all'apertura dell'Atlantico centrale ha portato alla frammentazione e all'annegamento della piattaforma carbonatica e all'instaurarsi di una sedimentazione pelagica sotto la CCD che persiste per tutto il Giurassico e fino al Paleogene. La sedimentazione viene interrotta nel Miocene inferiore (Aquitaniense) a causa del sovrascorrimento e conseguente sovrapposizione delle unità liguri sopra la falda toscana.



**Figura 4: Stratigrafia della Serie Toscana.**

La base della successione (“Calcare Cavernoso” di età norica) consiste in un’alternanza di dolomiti e anidriti che rappresentano la deposizione tipica di un ambiente di piattaforma carbonatica con episodi evaporitici.

Verso l’alto si passa a depositi di marne calcaree e calcari ben stratificati dal tipico colore grigio scuro e nerastro (Calcari e Marne a Rhaetavicula Contorta). Seguono i depositi della piattaforma carbonatica del Calcare Massiccio. La successione continua con i depositi emipelagici e condensati del Rosso Ammonitico, rappresentati da calcari marnosi di colore rossastro alternati a marne e argilliti.

Verso l’alto vi è una potente successione di bacino a sedimentazione carbonatica (Calcare di Limano) e di nuovo una formazione pelagica (calcari e marne di Posydonia alpina) con marne e calcari marnosi.



La sedimentazione profonda al di sotto del limite di compensazione del carbonato (CCD) continua con la deposizione di Diaspri, Rosso a Aptici e Maiolica, di natura prevalentemente calcarenitica.

In totale, lo spessore del serbatoio carbonatico relativo alla falda toscana è di circa 2.000m nella zona sud-occidentale dell'area di interesse, cioè dove vi è un raddoppio della falda dovuta alla tettonica compressiva. Spostandosi verso nord-est, lo spessore totale del serbatoio viene dimezzato e raggiunge i 1.000m di potenza.

Il secondo importante serbatoio è contenuto nella serie carbonatica umbro-marchigiana che viene intercettata a partire da circa 2.900m di profondità nell'area sud-occidentale e da circa 1.000m di profondità nell'area nord-orientale.

La serie carbonatica umbro-marchigiana (vedi figura 5) inizia con le rocce di età pre- triassica che non affiorano mai in questa parte dell'Appennino, ma sono state trovate solo attraverso sondaggi profondi e sono costituite da arenarie permiane e filladi.

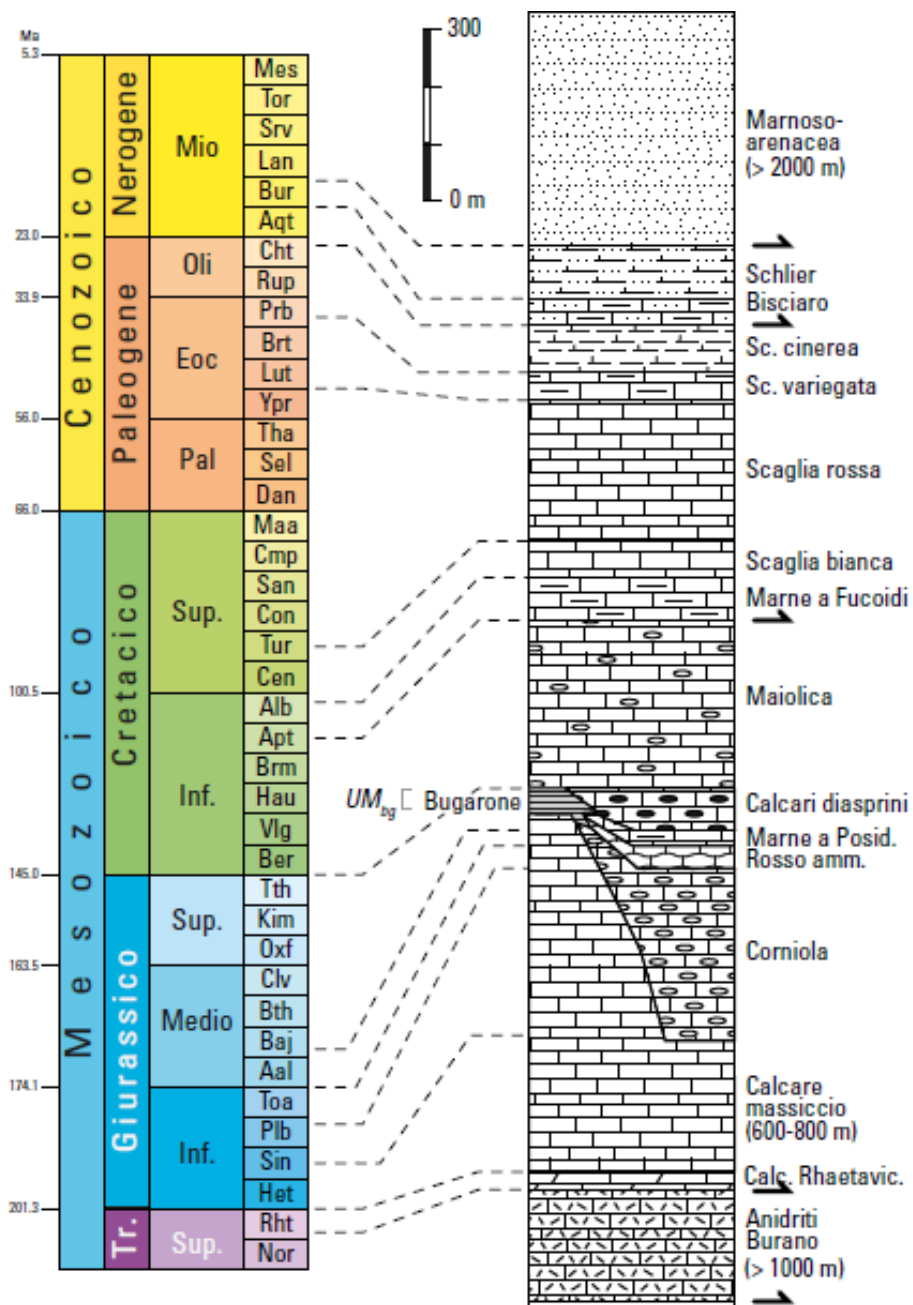
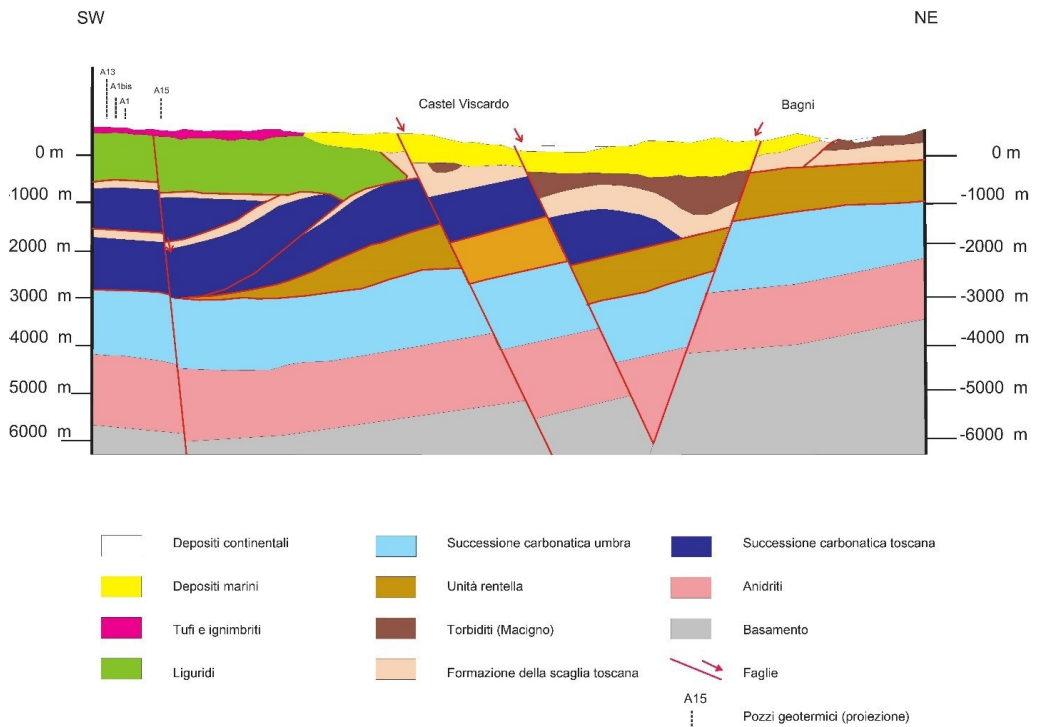


Figura 5: Stratigrafia della successione del Dominio Umbro-marchigiano.

Il Triassico è rappresentato da un'alternanza di anidriti, dolomiti e dolomiti calcaree; l'azione di agenti esogeni sulle Anidriti di Burano, secondo molti autori, avrebbe causato la dissoluzione dei solfati e la de-dolomitizzazione dei carbonati, producendo la caratteristica struttura cellulare del Calcere Cavernoso. Queste caratteristiche, che sono accompagnate da intense deformazioni tettoniche hanno determinato, in questa unità, una buona permeabilità mista per porosità e fratturazione. Lo spessore delle Anidriti di Burano è molto variabile da poche centinaia di metri fino ad un massimo di circa 2.500m, in funzione dell'azione tettonica. Questa successione evaporitica passa verso l'alto a un'alternanza di calcari e marne (Calcari e Marne a Rhaetavicula Contorta), mentre a partire dal Giurassico inferiore si sviluppa una piattaforma carbonatica in cui si deposita il Calcere Massiccio. Al di sopra di questi la sedimentazione continua con la deposizione di calcari micritici di ambiente pelagico (Corniola) e verso l'alto si passa a calcari, calcari marnosi e marne (Rosso Ammonitico e Marne a Posidonia) seguiti dalla sedimentazione di ambiente ancora più profondo rappresentato da calcari micritici, calcari e calcareniti (Calcari Diasprigni).

La deposizione della Maiolica testimonia la fine degli eventi distensivi che hanno interessato la piattaforma carbonatica durante il Giurassico e stabilisce condizioni di sedimentazione omogenee su scala regionale in tutto il Dominio. Con la deposizione delle Marne a Fucoidi si passa da una sedimentazione prevalentemente calcareo-silicea a una sedimentazione marnoso-calcareo e marnoso-argillosa. La sedimentazione pelagica continua con la deposizione di calcari micritici e calcari con selce (Scaglia Bianca, Scaglia Rossa e Scaglia Variegata). Nell'area di interesse, al di sopra della Successione carbonatica Umbro-Marchigiana, si è formata la Successione Rentella che presenta caratteri stratigrafici intermedi tra la Successione Toscana e la Successione Umbro- Marchigiana; si tratta di arenarie, marne torbiditiche e marne siltitiche con livelli ricchi di silice che rappresentano la sommità impermeabile del serbatoio carbonatico umbro- marchigiano.

Lo spessore del serbatoio carbonatico relativo alla Successione Umbro-Marchigiana è di circa 1.500m, come mostrato nella figura 3 (sezione geotermica) e nella figura 6 (sezione geologica) sebbene, a nostro avviso, date le caratteristiche già descritte della permeabilità della formazione delle Anidriti di Burano, anch'esse possono essere considerate un possibile serbatoio di energia geotermica.



**Figura 6: Sezione Geologica.**

#### **Descrizione della successione sovrastante il serbatoio carbonatico (4)**

Il serbatoio carbonatico relativo alla Falda toscana è delimitato al tetto, come già accennato, dalla formazione della Scaglia Toscana che si è formata in un ampio bacino marino dal basso Cretaceo (Aptiano) all'alto Oligocene e consiste in una successione di argilliti, scisti silicei e marne rossastre con intercalate calcilutiti e calcareniti torbiditiche per uno spessore totale di circa 500m. A partire dall'alto Oligocene nel Dominio toscano si instaura il bacino di avanfossa della catena appenninica, con la sedimentazione della formazione del Macigno costituita da una successione torbiditica di elevato spessore costituita da arenarie e siltiti.

Nella parte più occidentale della area, la Successione carbonatica Toscana è coperta da sedimenti appartenenti al Dominio ligure che, durante la fase tettonica di compressione miocenica, si sono sovrapposti alla Serie carbonatica Toscana. Esso consiste di successioni sedimentarie che rappresentano il residuo dell'oceano piemontese-ligure ed è diviso in due parti: il dominio interno e quello esterno ligure. L'interno è rappresentato da successioni deposte nel bacino oceanico piemontese-ligure, ora smembrate e affioranti in diverse unità tettoniche. Nell'area si trovano affioramenti di arenarie e calcari (**Ilap** Calcari a Calpionella e Scisti a Palombini) che si susseguono verso l'alto in una spessa successione torbiditica di composizione principalmente silicoclastica.

Dopo le fasi tettoniche compressive mioceniche si forma un'importante attività magmatica in corrispondenza del margine tirrenico dell'Appennino settentrionale, contemporaneamente alle fasi tettoniche distensive che caratterizzano questa zona durante il Neogene.

Nella parte più occidentale dell'area sono presenti rocce vulcaniche: lave a chimismo prevalentemente mafico e piroclastiti che coprono i sedimenti del dominio ligure. Più ad est e con contatto eteropico le rocce vulcaniche sono a contatto con i depositi marini.

Come si evince dalla figura 6 lo spessore medio dei sedimenti impermeabili che ricoprono il serbatoio carbonatico della Serie Toscana è di circa 800m.

Il serbatoio carbonatico della Serie Umbro-Marchigiana si chiude al tetto con i sedimenti dell'Unità Rentella: essa è una successione con caratteri stratigrafici intermedi tra la Successione Toscana e la Successione Umbro-Marchigiana. Tettonicamente è interposta tra le unità toscane e le unità umbre. La parte basale di questa successione è rappresentata da marne varicolori, calcari marnosi e siltiti di età rupeliana-aquitaniense. Al di sopra seguono arenarie, marne e marne siltitiche con livelli ricchi di silice di età aquitaniense-burdigaliana. Lo spessore dell'Unità Rentella è di circa 1.000m.

## **Modello geologico 3D del sottosuolo**

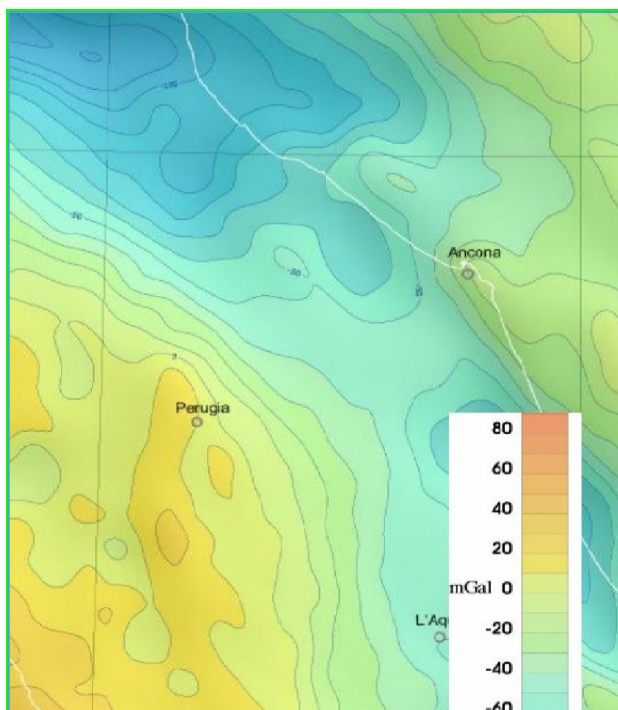
### **Elenco dati di input**

Attraverso l'interpretazione congiunta della molteplicità dei dati disponibili è stato ricostruito il modello geologico del sottosuolo che ha consentito poi di valutare il comportamento del serbatoio. Per il nostro caso studio si è considerato preliminarmente la Carta Gravimetrica d'Italia (vedi in bibl. ISPRA) e la Carta del Flusso di Calore (vedi in bibl. Regione Umbria 2014) come uno strumento prezioso per identificare le condizioni geologiche generali e la distribuzione di potenziali risorse. La lista dei dati di input disponibili, oltre ai dati derivanti dalla campagna geognostica e geofisica condotta da ENEL negli anni '70, comprende uno studio specifico sul potenziale geotermico della Regione Umbria (Studio delle potenzialità geotermiche del territorio regionale umbro, 2012), le carte geologiche realizzate dal Servizio Geologico regionale, la carta geologica alla scala 1:250.000 dell'Italia centrale (vedi in bibl. Regione Umbria, Regione Emilia-Romagna, Regione Marche, Regione Toscana, Università Siena CGT- 2019, Geologic Map of the Northern Apennines), infine sono anche state esaminate le informazioni riguardo le principali sorgenti termali.

La versione GIS della carta geologica della Regione Umbria in scala 1:10.000 è composta da un sottoinsieme di 6 diversi livelli che includono informazioni sulla geologia, sulla geomorfologia e sulle faglie. Inoltre è stato preso in considerazione anche il database geologico della Regione Toscana e la carta geologica della Regione Lazio per la reinterpretazione del caso di studio sul confine occidentale.

I dati gravimetrici sono sintetizzati nella mappa gravimetrica nazionale 1:250.000 di ISPRA (2005).





**Figura 7: Stralcio dalla Mappa gravimetrica di Italia e area di studio (vedi in bibl. ISPRA).**

### **Parametri idrogeologici e termo-fisici delle sorgenti**

I pozzi perforati da ENEL sono distribuiti in una piccola area vicino a Castel Giorgio; più ad est, in prossimità del Monte Rubiaglio, sono state condotte privatamente altre indagini in profondità. Come si evince dalla figura 2, le Fonti di Tiberio sono molto vicine e, attraverso analisi chimiche, è stato dimostrato che le sue acque hanno caratteristiche simili a quelle dei sondaggi profondi.

Alcuni campioni di acque di sorgente e di gas sono stati raccolti secondo i metodi utilizzati nell'esplorazione geotermica degli anni '70. In particolare, sono stati determinati la temperatura dell'acqua di emergenza, quella dell'ambiente, il pH e la portata. L'acqua raccolta dai sondaggi è stata prelevata con il campionatore Kuster.

Le tecniche analitiche adottate in laboratorio sono rispettivamente le seguenti:

- pH potenziometrico;
- $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  per assorbimento atomico;
- $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  volumetricamente con EDTA o assorbimento atomico;
- Fe totale per assorbimento atomico / volumetricamente secondo Mohr;
- $\text{HCO}_3^-$  per via alcalino;

La chimica dell'acqua del campione PS1 di Monte Rubiaglio (Fonti di Tiberio) è del tipo cloruro sodica e tutte le acque dei pozzi ENEL si raggruppano nell'area del diagramma di Piper con chimismo cloruro-sodico. Questa omogeneità della composizione chimica dell'acqua è un'indicazione della continuità del serbatoio geotermico in cui ci sarebbe un fluido praticamente non differenziato da un'area all'altra.

**Tabella 1: Composizione chimica delle acque dei pozzi geotermici.**

## **Modellazione geologica**

La ricostruzione del contesto geologico dell'area è iniziata tenendo conto dello studio del potenziale geotermico della Regione Umbria che contiene anche informazioni utili sulla complessa storia geologica dell'area.

L'inquadramento tettonico e gli andamenti strutturali sono stati valutati complessivamente attraverso l'interpretazione di sezioni trasversali, la distribuzione di faglie e profili di riflessione sismica preesistenti in tutto il centro Italia e nell'Umbria.

Usando questi dati ed informazioni è stata realizzata una serie di nuove mappe e sezioni geologiche e geotematiche nell'area di studio.

La realizzazione della carta geologica vettoriale finale dell'area di studio (vedi figura 2) è stata svolta attraverso delle analisi GIS sulle banche dati geologiche preesistenti.

Nell'elaborazione della modellazione analitica 3D si è fatto riferimento ai resoconti dei 9 pozzi geotermici profondi perforati durante l'esplorazione della fine degli anni '70 ENEL.

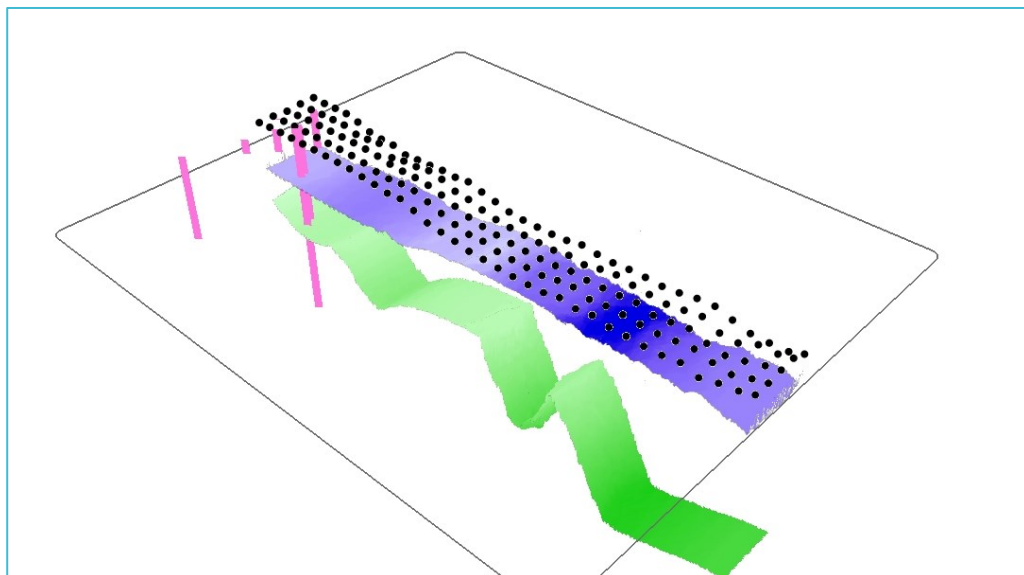
I rapporti dell'escavazione dai pozzi mostrano dati di stratigrafia, composizione dell'acqua, variazione di temperatura, velocità e resistività rilevati a profondità comprese da 500m a 4.800m sotto il livello del mare.

La sezione geologica significativa è stata tracciata in corrispondenza della densità di dati più rilevante, in cui la profondità e la potenza degli strati di roccia che costituiscono il serbatoio ottenuti dalla modellazione, sono mostrati come risultato sia dell'interpretazione delle informazioni geologiche disponibili che dei resoconti dei dati dei pozzi.

Tramite l'applicativo ESRI ArcGIS 3D Analyst è stata realizzata la mappa raster della parte superiore (top) del serbatoio su un transetto disposto in direzione SO-NE suddiviso in griglie di 500m x 500m di ampiezza, lungo la direzione del profilo geologico: i valori di profondità della parte superiore del serbatoio sono ottenuti dall'interpretazione dei dati dei pozzi.

Similarmente è stata realizzata la carta dello spessore del serbatoio, ricavando per ogni vertice i valori della base del serbatoio lungo il transetto.

Nella figura 8 è visualizzato il risultato della modellazione geologica 3D; lungo il transetto si distingue l'andamento in 3D della superficie del Top (in blu) e Bottom (verde) del serbatoio, i punti in nero rappresentano la griglia 500 x 500m, infine in rosa la proiezione nel sottosuolo dei pozzi geotermici.

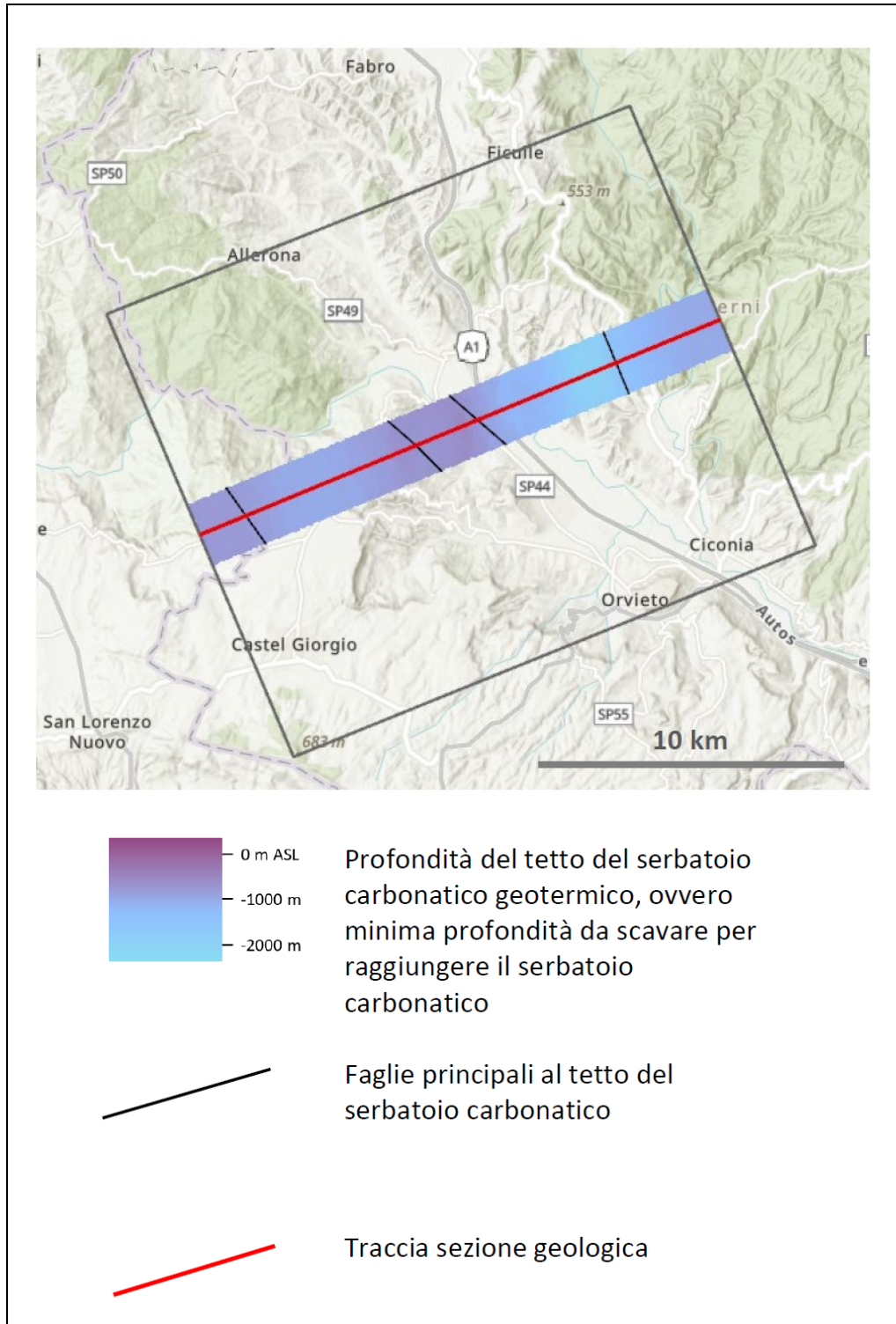


**Figura 8: Modellazione geologica 3D**

Secondo la sezione geologica interpretata di figura 6 il modello geologico del sottosuolo mostra nella porzione SO della sezione la falda toscana sovrapposta alla Successione Umbria Marche.

Nella nostra ricostruzione esistono due differenti giacimenti geotermici: il primo si trova all'interno dei carbonati toscani e il secondo all'interno dei carbonati e delle evaporiti umbro-marchigiane, entrambi considerati tettonicamente fratturati e confinati tra unità a bassa permeabilità come la Formazione Scaglia Toscana, l'Unità Rentella o l'Unità Ligure.

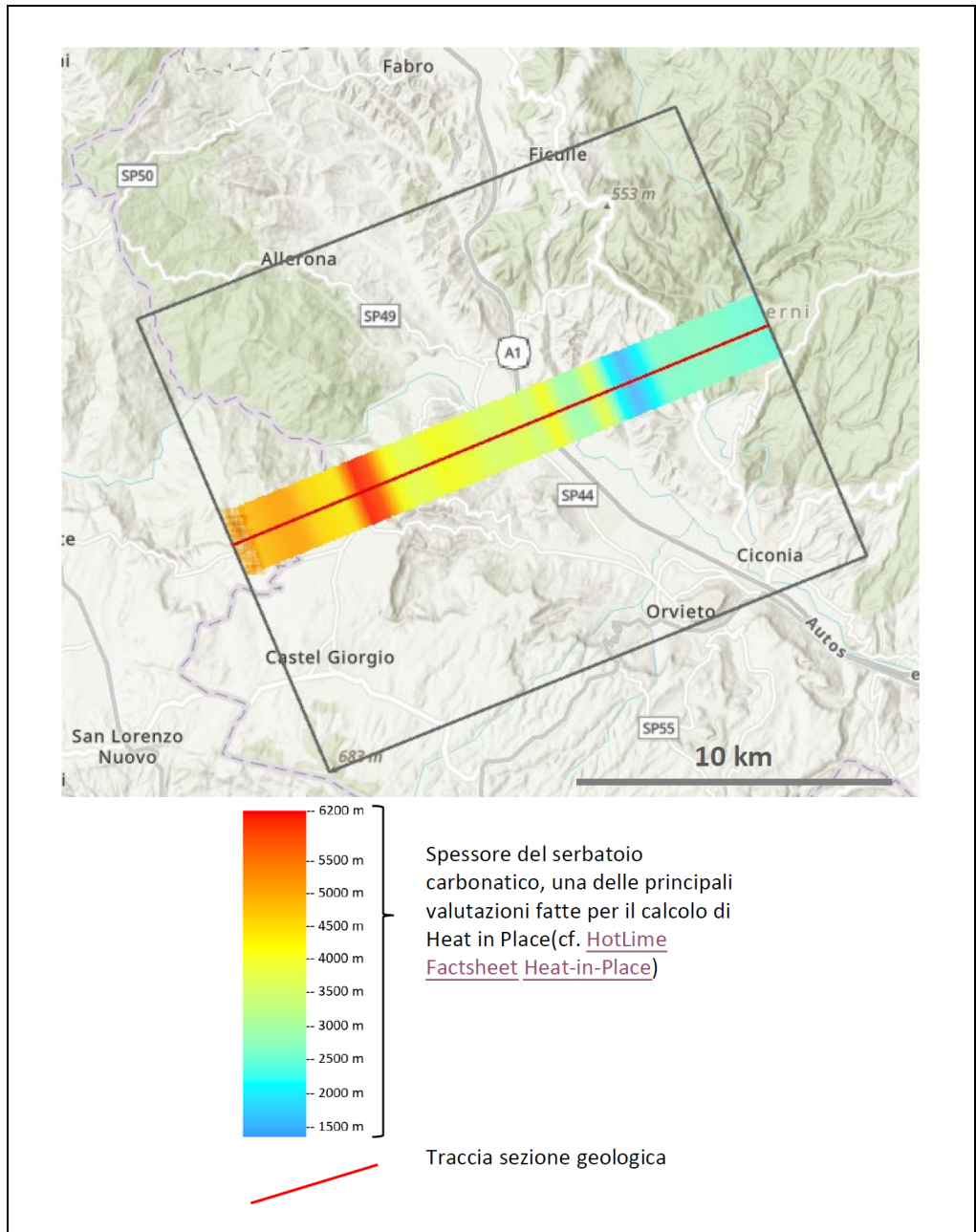
La seguente mappa in figura 9 mostra che nella parte sudovest dell'area, la sommità del serbatoio carbonatico inizia a circa 650m sotto il piano campagna.



**Figura 9**



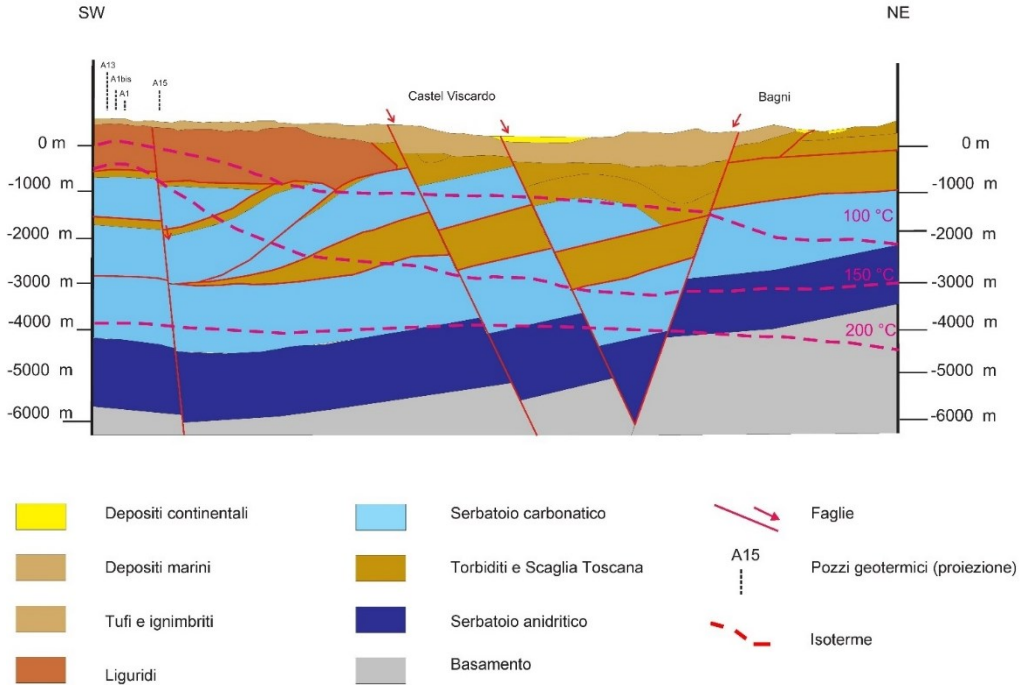
La mappa dello spessore del serbatoio geotermico di figura 10 mostra lo stato strutturale del giacimento geotermico a causa dell'intensiva azione tettonica. Nel calcolo dello spessore complessivo del serbatoio sono stati considerati parte di esso sia i depositi anidritici che quelli carbonatici in dipendenza delle azioni tettoniche esercitate dalle faglie che li interessano. Inoltre, il giacimento carbonatico superiore è quasi sempre tenuto separato da quello inferiore dai depositi della Formazione della Scaglia Toscana, pertanto i valori più alti di spessore complessivo si sono raggiunti nella parte SO del transetto.



**Figura 10**

### Modello di temperatura 3D

La modellazione della temperatura nel serbatoio è stata effettuata lungo il medesimo transetto indagato per la modellazione geologica 3D in cui erano disponibili i dati di input più rilevanti e le informazioni affidabili, applicando l'analisi GIS geostatistica a una serie di griglie quadrate di 500 x 500m, fornendo il valore della temperatura del serbatoio per ogni vertice della griglia considerata.



**Figura 11: Sezione del serbatoio con isoterme (T in °C).**

La stima dei valori delle temperature attribuite a ciascuno dei vertici della griglia è stata effettuata sia attraverso l'interpretazione delle temperature profonde dei sondaggi (BHT) sia dalle informazioni relative alle sorgenti termali ed ai pozzi presenti nell'area di studio.

Allo scopo di valutare l'andamento della temperatura all'interno del serbatoio a varie profondità sono stati considerati utili, ove disponibili e significativi, i dati relativi alla conducibilità idraulica del serbatoio dovuta a fratturazione.

La mappa della distribuzione della temperatura al tetto del serbatoio è stata creata attraverso un'analisi geostatistica GIS applicando il metodo "ordinary Kriging" sulle temperature assegnate ai vertici di ciascuna griglia.

La valutazione dei valori di temperatura per ogni vertice della griglia 500 x 500m è stata ottenuta attraverso l'interpretazione delle informazioni provenienti dalle sorgenti termali e dai pozzi della zona.

La conducibilità idraulica del giacimento dovuta a fratture, carsismo e dissoluzione integrata da dati di porosità e permeabilità (primaria/secondaria), ove disponibili e significativi, è stata considerata anche nella previsione della temperatura a vari livelli di profondità.

La mappa della temperatura sulla sommità del giacimento di Fig. 12 mostra che nella parte centrale del transetto T, dove anche la sommità del giacimento carbonatico è più vicina al livello del suolo, i valori hanno raggiunto circa 130°C.

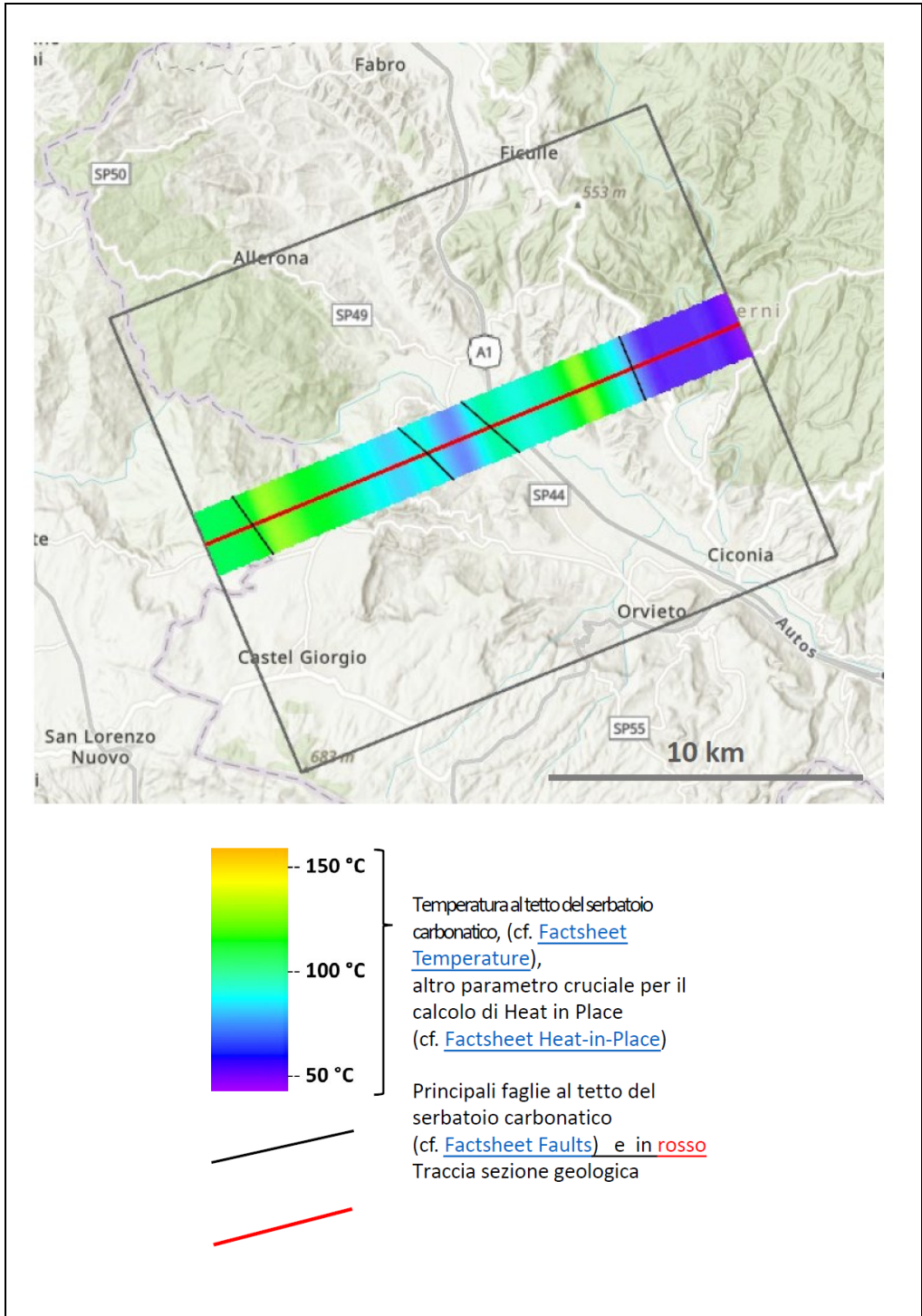


Figura 12

## Calcolo delle potenzialità geotermiche del serbatoio carbonatico tramite il metodo *Heat in Place*

Il calcolo della massima energia geotermica estraibile dal serbatoio geotermico (*Heat in Place* o *HIP*) è stato effettuato con il metodo volumetrico di Muffler e Cataldi (1978) che rappresenta il sistema globalmente più usato ed uno dei passi fondamentali nella conoscenza delle potenzialità geotermiche del serbatoio, come citato anche nel documento *Hotlime\_factsheet\_heat-in-place*. Questo metodo calcola il calore in energia per unità di superficie (solitamente in  $\text{GJ}/\text{m}^2$ ), che è presente in una falda acquifera geotermica, rispetto ad una temperatura di raffreddamento arbitraria che è solitamente impostata sulla temperatura superficiale o ambiente. Il metodo richiede stime sulla profondità e spessore del giacimento, sulla temperatura e sulle proprietà della roccia del giacimento, il calore specifico, densità, porosità e calore e densità specifici dell'acqua. L'energia termica  $Q_{\text{totale}}$  immagazzinata in un volume omogeneo di roccia è espressa dall'equazione:

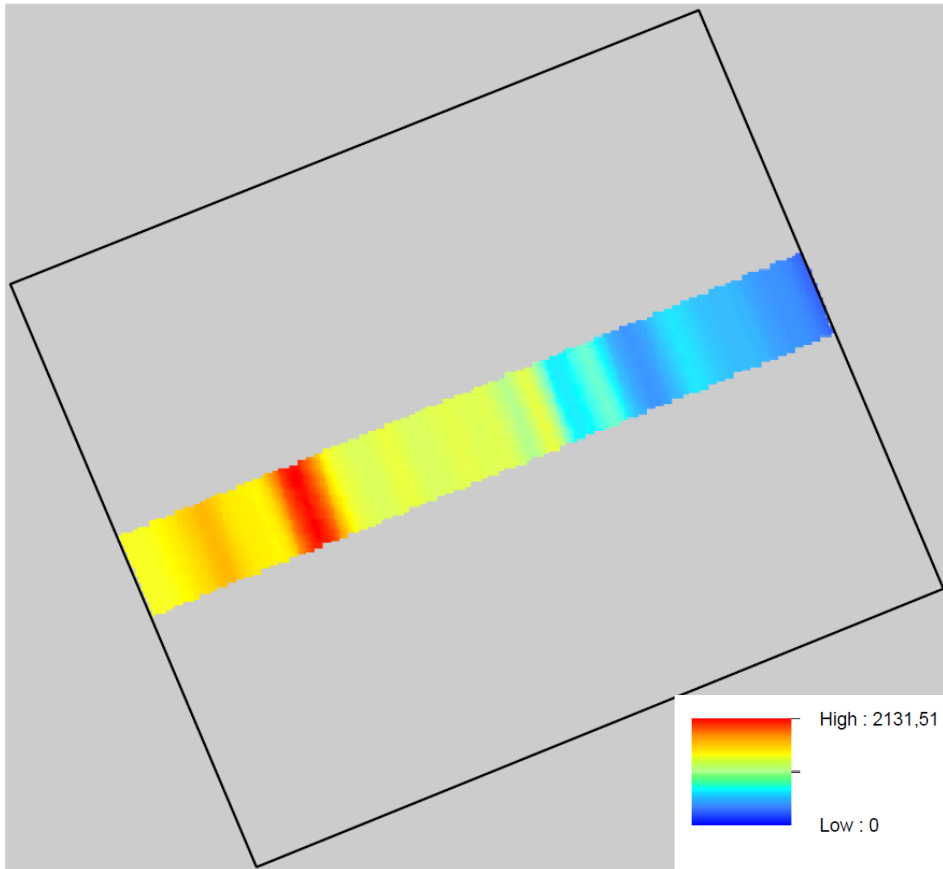
$$Q_{\text{totale}} = [(1-\phi)c_{pr} \rho_r + \phi c_{pw} \rho_w] * h * (T_r - T_{\text{ref}})$$

La tabella seguente spiega i parametri dell'equazione precedente ed i valori assunti nel calcolo.

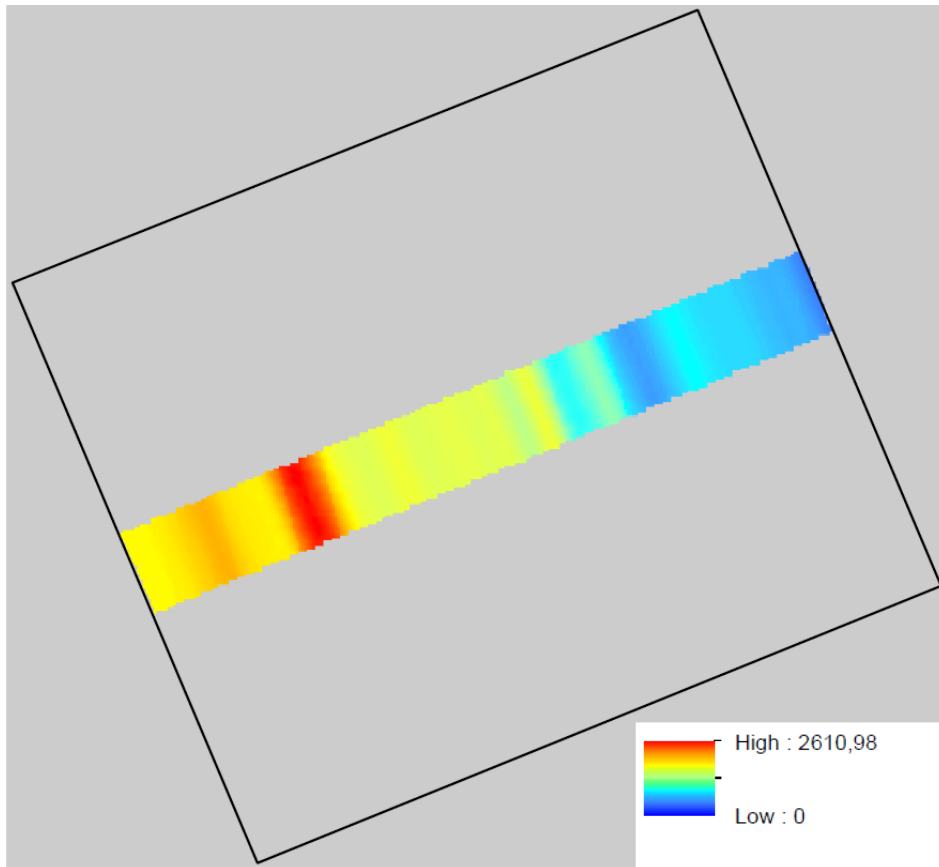
	Descrizione	Unità di misura	Valore assunto
$Q_{\text{totale}}$	contenuto energetico per una colonna di roccia serbatoio	$\text{J} / \text{m}^2$	
$\phi$	Porosità	frazione	0.05
$c_{pr}$	capacità termica specifica per la roccia carbonatica del serbatoio (matrice)	$\text{J} / \text{kg} \cdot \text{K}$	860
$c_{pw}$	capacità termica specifica (acqua) per il fluido dei pori (salamoia)	$\text{J} / \text{kg} \cdot \text{K}$	3800
$\rho_r$	densità della matrice rocciosa della roccia carbonatica	$\text{kg}/\text{m}^3$	2700
$\rho_w$	densità di acqua a basso TDS a circa $100^\circ\text{C}$	$\text{kg}/\text{m}^3$	1040
$h$	Spessore del serbatoio	m	Variabile secondo modello
$T_r$	Temperatura media del serbatoio	$^\circ\text{C}$	Secondo modello
$T_{\text{ref}} 18$	Temperatura di riferimento (re -iniezione) *	$^\circ\text{C}$	18
$T_{\text{ref}} 50$	Temperatura di riferimento (re -iniezione) **	$^\circ\text{C}$	50
*	Temperatura ambiente + $10^\circ\text{C}$ , secondo Limberger et al. (2018)		
**	Temperatura media di reiniezione dopo produzione di energia o calore		

Una volta valutate tutte le informazioni disponibili dalla modellazione geologica e geotermica svolta, con l'assunzione di temperature di reiniezione (Tref) di 18°C e 50°C espressi in GJ/m<sup>2</sup> relativi a celle di dimensioni 500m X 500m X lo spessore del serbatoio carbonatico geotermico, è stato quindi possibile procedere al calcolo di HIP.

I risultati sono mostrati in Fig. 13 e 14 dove i valori massimi di HIP con Tref = 18°C hanno raggiunto un valore massimo di circa 2.610 GJ/m<sup>2</sup> nella parte centrale del transetto, mentre per Tref = 50°C si è raggiunto il valore massimo di circa 2.131 GJ/m<sup>2</sup>.



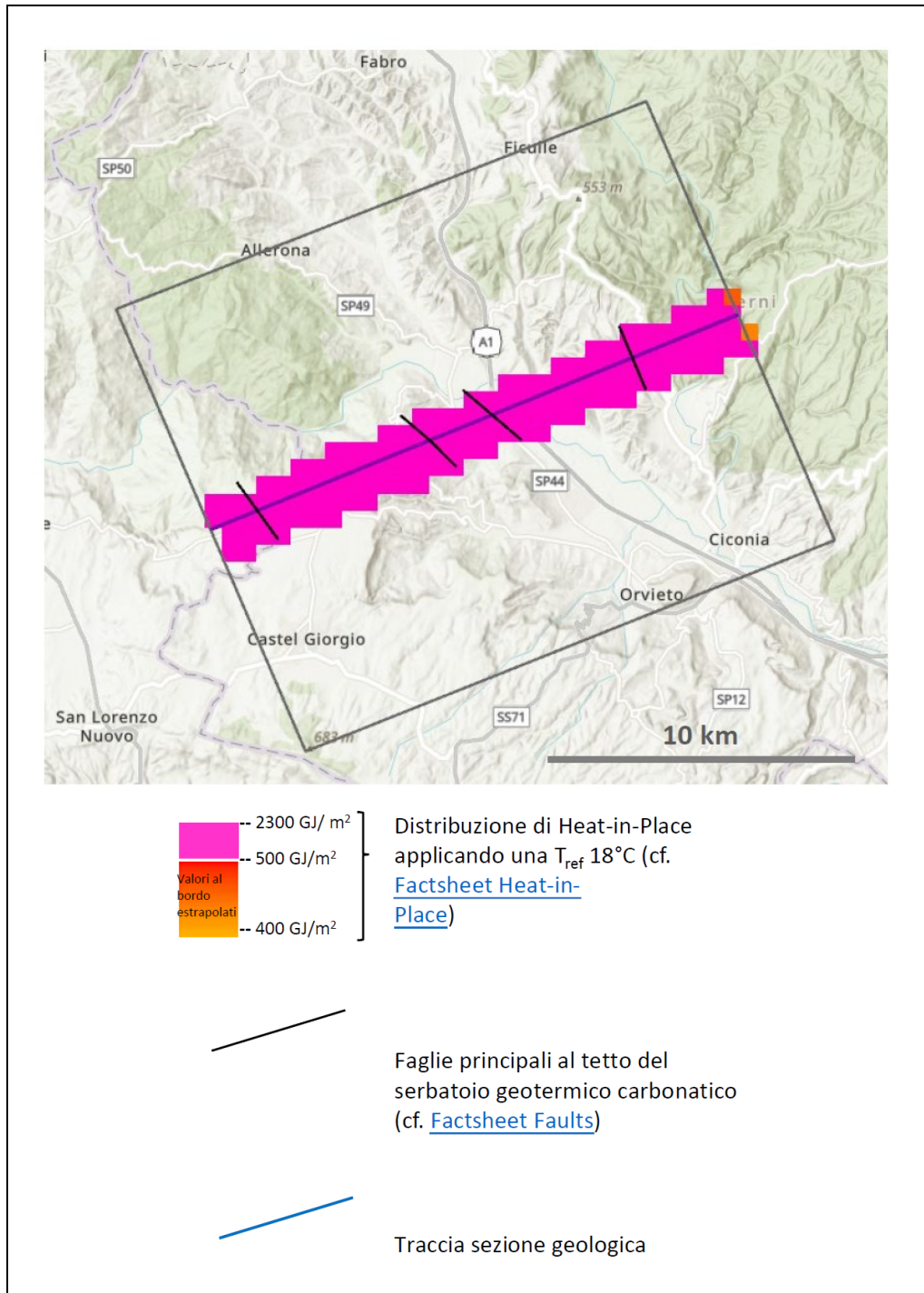
**Figura 13: Heat in Place per Tref 50°C in grigio le aree dove non si è effettuato il calcolo, in nero l'area di studio.**



**Figura 14: Heat in Place per Tref = 18°C**



In figura 15 la distribuzione di Heat in Place applicando una  $T_{ref}$  18°C con una scala di colori standardizzata per uniformarsi nella visualizzazione della mappa con gli altri partner europei.



**Figura 15**

## Diffusione dei risultati online

I risultati del Progetto Hotlime sono disponibili online sia sul portale del Progetto GeoERA tramite un visualizzatore webGIS dedicato al link <https://geoera.eu/projects/hotlime6/> che sul Portale EGDI (Eurogeosurveys European Geological Data Infrastructure).

Tra i documenti anche il documento *Atlas of Carbonate Rock Geothermal Reservoirs Across Europe* (Atlante dei serbatoi geotermici carbonatici in Europa) che contiene un riassunto degli studi svolti insieme a tutti i partner europei per il progetto Hotlime.

Attraverso questo documento è possibile consultare tutte le mappe geotematiche dei casi di studio, cartografate in modo sintetico ed omogeneo.

Inoltre, per ogni caso di studio, cliccando interattivamente sulle mappe inserite nell'atlante, è possibile consultare anche tutti i dati relativi alle sezioni geologiche rappresentative o alle faglie principali presenti lungo la sezione, interrogabili selettivamente ed arricchite di informazioni relative alle unità geologiche, nome, loro tipologia, età, ecc.

Tutte le informazioni geospaziali relative alle mappe, inclusi i metadati descrittivi secondo ISO 19115, sono disponibili per la consultazione ed il download e georiferite in formato raster.

## Conclusioni

L'area di studio fa parte di un giacimento geotermico situato nella parte sud occidentale della Regione Umbria dove sono già stati esplorati sistemi geotermici di entalpia medio-alta e dove si prevede l'avvio di alcuni progetti autorizzati per il futuro sfruttamento delle risorse geotermiche.

Le mappe sintetiche in questo rapporto, seppur soggette a qualche affinamento a causa delle ipotesi fatte ed alla distribuzione non omogenea dei pozzi profondi nell'area, rappresentano uno sforzo per integrare tutte le informazioni geologiche, geofisiche e idrogeologiche disponibili che forniscono un modello del comportamento dei giacimenti e un contributo alla conoscenza geologica e geotermica dell'area.

In conclusione questo studio, integrato con ulteriori indagini come la perforazione di nuovi pozzi esplorativi, potrebbe aiutare ad intraprendere i prossimi passi verso l'implementazione di soluzioni energetiche sostenibili basate sulle risorse geotermiche.

## Bibliografia

- MUFFLER, L.J.P. & CATALDI, R. (1978): Methods for Regional Assessment of Geothermal Resources. – *Geothermics* 7: 53- 89. [https://doi.org/10.1016/0375-6505\(78\)90002-0](https://doi.org/10.1016/0375-6505(78)90002-0) [2019-12-05]
- BARSELLA, M., BOSCHERINI, A., BOTTI, F., MARRONI, M., MENEGHINI, F., MOTTI, A., CALANDRI, S. & PANDOLFI, L. (2009): Oligo-Miocene fordeep deposits in the Trasimeno Lake area (Central Italy): insights into the evolution of the Northern Apennine. – *It. Journal of Geosciences* 128(2): 341-352. <https://doi.org/10.3301/IJG.2009.128.2.34>.



- BOSCHERINI, A., BARCHI, M. & MOTTI A. (2009): 20 anni di cartografia geologica e geotematica. – Mem. Desc. Carta Geol. D'Italia LXXXVIII: 78-78. BOSCHERINI, A., MOTTI, A. NATALI, N. & SIMONE, G. (2010): Geothematic cartography applicationas in Regione Umbria. - 85° Congresso della Societ`a Geologica Italiana, Pisa, Settembre 2010.
- BUONASORTE, G. FIORDELISI, A. & PANDELI, E. (1991): The Alfina well 15: Deep geological data from northern Latium. – Boll. Soc. Geol. It. 110: 823-831.
- BUONASORTE, G., CATALDI, R., CECCARELLI, A., COSTANTINI, A., D'OFFIZI, S., LAZZAROTTO, A., RIDOLFI, A., BALDI, P., BARELLI, A., BERTINI, G., BERTRAMI, R., CALAMAI, A., CAMELI, G., CORSI, R., DACQUINO, C., FIORDELISI, A., GHEZZO, A. & LOVARI, F. (1988): Ricerca ed esplorazione nell' area geotermica di Torre Alfina. – Boll. Soc. Geol. It. 107: 265-337.
- ISPRA: DEM <http://www.sinanet.isprambiente.it/IT/SIA-ISPRA/DOWNLOAD-MAIS/DEM20/VIEW/> ISPRA (2005): Carta Gravimetrica d'Italia. [http://www.isprambiente.gov.it/MEDIA/MILIONE\\_GRAV/MILIONEGRAV\\_2004/MILIONE.HTM](http://www.isprambiente.gov.it/MEDIA/MILIONE_GRAV/MILIONEGRAV_2004/MILIONE.HTM)
- REGIONE UMBRIA – SERVIZIO GEOLOGICO (2013): Cartografia Geologica Informatizzata a vettoriale della Regione Umbria. In: <http://www.regione.umbria.it/>, <http://dati.umbria.it/>, <http://www.umbriageo.regione.umbria.it/> REGIONE UMBRIA – SERVIZIO GEOLOGICO (2013): Cartografia Geologica della Regione Umbria per Google Earth [http://www.territorio.regione.umbria.it/STATIC/GEOLOGIAKMZ/GEOLOGIAKMZ/INDEX\\_KMZ.HTM](http://www.territorio.regione.umbria.it/STATIC/GEOLOGIAKMZ/GEOLOGIAKMZ/INDEX_KMZ.HTM) , <http://dati.umbria.it/>.
- REGIONE UMBRIA (2014): Studio delle Potenzialità geothermiche del territorio regionale Umbro.
- REGIONE UMBRIA, REGIONE EMILIA-ROMAGNA, REGIONE MARCHE, REGIONE TOSCANA, UNIVERSITÀ SIENA CGT (2019): Geologic Map of the Northern Apennines, in print. REGIONE UMBRIA: UmbriaGeo <http://www.umbriageo.regione.umbria.it/>
- Diepolder, G.W. & HotLime Team (2021): Atlas of Carbonate Rock Geothermal Reservoirs Across Europe. Results summary of play and prospect evaluation in HotLime's 11 case study areas and the knowledge base. 36 pp., [https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime\\_geothermal\\_atlas.pdf](https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime_geothermal_atlas.pdf)
- Scheda informativa “Hotlime factsheet Heat in Place” [https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime\\_factsheet\\_heat-in-place.pdf](https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime_factsheet_heat-in-place.pdf)
- Scheda informativa “Hotlime factsheet Faults” [https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime\\_factsheet\\_faults.pdf](https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime_factsheet_faults.pdf)

## 4-Progetto Mintell4EU-Risultati e banche dati

Il progetto Mintell4EU è un progetto che prevede: l'aggiornamento dell'Annuario dei Minerali Europei con dati di produzione e commercio (2014-2017), dati su risorse e riserve e informazioni sull'esplorazione (anno di riferimento 2019); l'integrazione dell'Annuario dei Minerali Europei nella banca dati Minerals4EU conforme a INSPIRE; migliorare la qualità e la copertura spaziale dell'inventario dei minerali, affrontando i problemi di armonizzazione e facilitando l'interoperabilità con altri progetti europei di *mineral intelligence* in corso; testare l'applicazione del sistema di classificazione UNFC come strumento per ottenere più accurati inventari minerari paneuropei; raccomandazioni di comunicazione e interazione tra database e portali di dati già esistenti e il sistema di informazioni sulle materie prime (RMIS); l'integrazione dell'inventario e dei minerali europei nella piattaforma di informazioni GeoERA e possibilità di ricerca e visualizzazione orientate all'utente, quindi di fatto creare un portale EURMKB dedicato, ma anche di interoperabilità dei dati delle materie prime con dati sulle risorse idriche sotterranee e geoenergetiche; supportare la pianificazione territoriale e la gestione dei terreni concorrenti.

I partecipanti al progetto sono: GEUS, BRGM, IGME (Sp), GSD, ISPRA, NGU, GeoZS, SGU, GeoInform, SGIDS, LNEG, IGME (Gr), HGI-CGS, GTK, UKRI/BGS, LGRB, BGR, GSI, GSB-RBINS, MBFSZ, SGL, GSS, AGS, CGS, FZZG, RU.

### Il Progetto GEOERA – RAW MATERIALS “Mintell 4eu”

Le informazioni sulla localizzazione e distribuzione spaziale delle materie prime e seconde in relazione alla loro esplorazione, sfruttamento, attività relative alla produzione ed al commercio, costituiscono la base per la pianificazione e la programmazione a livello politico ed industriale.

Gli obiettivi che sono stati definiti per il progetto Mintell4eu sono i seguenti:

1. Aggiornare la banca dati “Minerals Yearbook” con i dati di produzione e scambio, delle risorse e riserve di materie prime così come le informazioni riguardo a nuove esplorazioni.
2. Migliorare la qualità e la copertura spaziale del “Mineral Inventory” attraverso processi di omogeneizzazione dei dati disponibili e promuovendo l'interoperabilità con altri progetti europei sulle materie prime.
3. Testare l'applicazione del sistema di classificazione UNFC per ottenere informazioni più accurate sugli inventari delle materie prime minerarie a livello pan europeo.
4. Promuovere l'interattività tra altre banche dati esistenti come il Raw Materials Information System (RMIS).
5. Integrare il “European Minerals Yearbook e Minerals Inventory” nel portale European Geological Data Infrastructure (EGDI).

Il progetto Mintell4eu si basa quindi su progetti preesistenti per estendere la copertura spaziale delle informazioni disponibili e la loro armonizzazione, sviluppando inoltre dei Quality Control Tools (QC Tools) per una raccolta automatica dei nuovi dati ed integrando i risultati delle attività nel portale europeo EGDI al fine di un utile e intuitivo accesso alle informazioni riguardanti le risorse minerarie primarie per tutta Europa.

### **Il Work Package 3 “Minerals Inventory”**

L'Ufficio Geologico della Regione Umbria ha collaborato con gli altri partner europei partecipando alle attività del Work Package 3 (WP3) denominato “Minerals Inventory”.

Le attività svolte durante il progetto hanno riguardato principalmente l'aggiornamento e l'implementazione del preesistente database denominato M4EU per arrivare alla nuova banca dati centralizzata “MIN4EU” database, contenente tutte le informazioni relative alla presenza di siti minerari / miniere attraverso l'Europa, entrambi i datasets sono stati integrati armonicamente nella piattaforma EGDI.

La banca dati MIN4EU si è avvalsa anche delle indicazioni e linee guida redatte nel corso di progetti preesistenti quali Minerals 4EU, ProSUM, EURARE, ORAMA, RESEERVE.

Il risultato finale della versione 2021.8 della banca dati Mintell4EU ha portato a diverse modifiche nel modello dati (datamodel) e nelle liste dei codici (codelists), che sono stati resi compatibili con le direttive INSPIRE.

Le attività relative alla revisione, implementazione ed utilizzo degli standard è stata svolta tra i partner e coordinata dal Work Package Leader, Servizio Geologico Sloveno (GeoZS).

Sono state inoltre apportate diverse modifiche alle versioni software ed un aggiornamento agli schemi ed i servizi disponibili e la realizzazione dei metadati collegati.

A questo link sono collegati alcuni commenti negli schemi [https://db.geo-zs.si/M4EU\\_v2020.8.01/public/index.html](https://db.geo-zs.si/M4EU_v2020.8.01/public/index.html)

Il software necessario per la gestione della banca dati, lo schema della banca dati (versione 8.02.2021) e le istruzioni per l'installazione del software e per l'inserimento dei dati sono contenuti al seguente link:

<https://geusgitlab.geus.dk/m4eu/2020-m4eu>

master 2020-m4eu History Find file 9d2b9786 Clone

update deegree3 v3.4.22 and updated log4j  
Frands Schjath authored 2 weeks ago

Name	Last commit	Last update
00 Cookbooks m4eu	update of guideline	7 months ago
02 Java SE Development Kit	update request	1 month ago
03 Postgresql	update	1 year ago
04 Postgis	update	1 year ago
05 Tomcat	update JDK Tomcat and server requests	10 months ago
06 Deegree3	update deegree3 v3.4.22 and updated log4j	2 weeks ago
07 Geokettle	update	1 year ago
08 Enterprise Architect model	update v2020.8	11 months ago
09 Database scripts	update DB to version v2020.8.02	6 months ago
10 Deegree setup	deegree setup files for MIN4EU DB v2020.8.02	6 months ago
11 E-myb	update readme file	1 year ago
12 Server request	update request	1 month ago
README.md	Update README.md	9 months ago

Figura 1

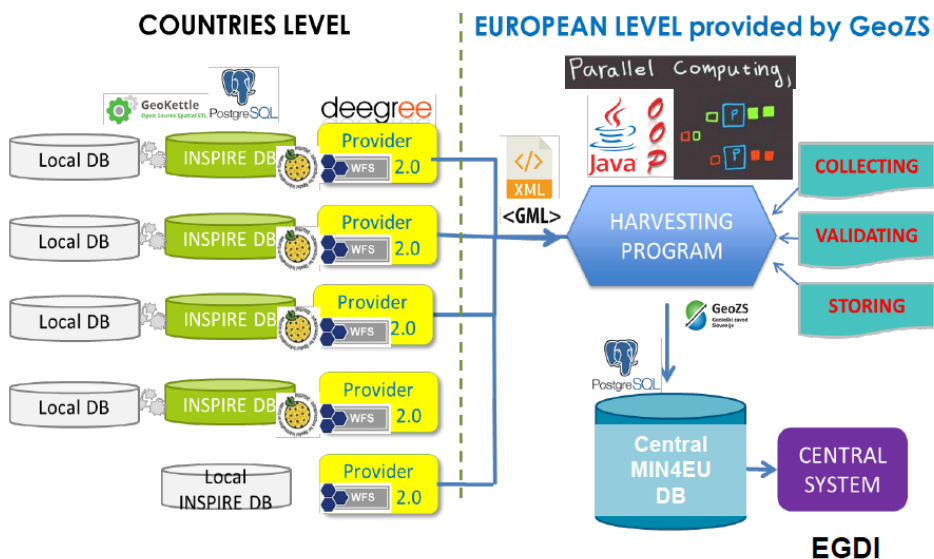


Figura 2

In figura 2 la banca dati locale, aderendo allo schema del database MIN4eu e resa compatibile con le direttive INSPIRE, viene ospitata su server a livello nazionale e può essere periodicamente consultata tramite il sistema di raccolta dati predisposto a livello europeo dal GeoZS, che rileva e valida automaticamente e periodicamente i dati raccolti al fine di una conservazione delle informazioni centralizzata nella banca dati europea MIN4EU.

Per i paesi che non dispongono di un servizio WFS di questo tipo, il servizio geologico danese (GEUS) si è reso disponibile per la raccolta dei dati, l'omogeneizzazione secondo gli standard MIN4EU e la conservazione presso i propri server delle informazioni geologiche e statistiche per la consultazione. Periodicamente è richiesto al paese fornitore dei dati una verifica dello stato di funzionamento della banca dati online gestita autonomamente, un aggiornamento delle informazioni ed un confronto con le check list di controllo che il GeoZS invierà ai singoli paesi fornitori per valutare eventuali difformità tra le informazioni contenute database nazionali e quelle registrate nel database europeo Min4eu e quindi la risoluzione di queste non conformità.

Per svolgere queste funzioni di monitoraggio del database Min4eu, GeoZs ha inoltre realizzato un sistema per la raccolta delle informazioni dai singoli database nazionali, compreso un software di controllo della qualità dei dati raccolti che genera dei report degli errori rilevati, disponibile al link <https://harvesting.geo-zs.si/main>.

L'Ufficio Geologico della Regione Umbria ha fornito inoltre dei dati più approfonditi mediante l'analisi spaziale su base GIS di alcune cartografie regionali disponibili.

La carta della Radioattività naturale dell'Umbria è stata realizzata durante il progetto UMBRIA-RAD che ha definito la distribuzione dei radionuclidi naturali e della radioattività totale naturale con metodologie d'indagine complementari, tra cui campionamenti di rocce e suoli e sorvoli aerei, seguiti da dettagliate analisi di laboratorio che hanno permesso di determinare anche la dose efficace di radioattività naturale.

In particolare attraverso l'analisi GIS ed il confronto dei dati relativi ai siti minerari umbri con la carta geologica regionale vettoriale in scala 1:10.000 prima e con la carta della Radioattività Naturale in Umbria poi, sono stati associati per ciascuna cava o miniera umbra le informazioni relative all'unità geologica (litologica) estratta nel sito minerario ed i valori di radioattività naturale espressi in Bq/Kg dei terreni presenti.

Seguendo le indicazioni contenute nelle linee guida di MIN4EU e nel file "codelistversion v2020.8.1.xls" è stata eseguita l'associazione formazione geologica / litologia tenendo conto del registro degli elenchi di codici di INSPIRE consultabile al link:

<https://inspire.ec.europa.eu/codelist/LithologyValue/>

Le informazioni riguardanti l'età della formazione geologica sono state revisionate secondo i codici INSPIRE presenti <http://inspire.ec.europa.eu/codelist/GeochronologicEraValue/> per assicurare l'inserimento delle informazioni relative alla radioattività naturale è stato creato ex novo un codice "Kbq" nella lista dei codici nella tabella codici di M4EU denominata "UomGeochemistryType" come da figura.

M4EU Codelist table	v1.1.2 - code	v2020.8 - code (added or use instead)	v2020.8 - name
UomGeochemistryType		caratsPerTons	Carats/t
		ct	ct
		percent	%
	ppb	ppb	ppb
	ppm	ppm	ppm
		t	t
		troy-oz	troy oz
	volPercent	volPercent	vol%
	wtPercent	wtPercent	wt%
		kBq	kilo becquerel (kBq)

Figura 3

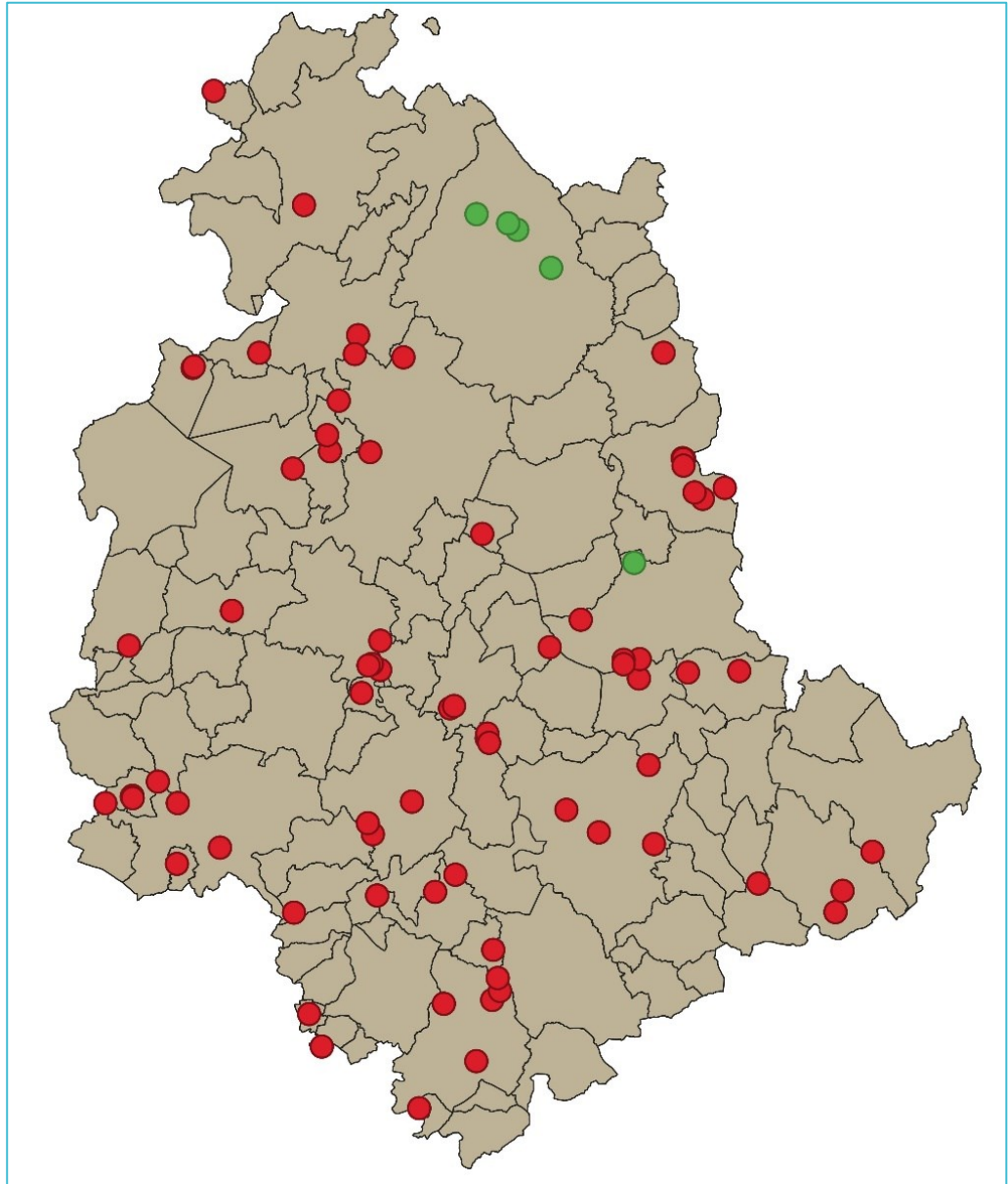


Figura 4: Siti estrattivi al 2021 nella Regione Umbria, con puntini verdi a simboleggiare miniere e cave in rosso, in nero i confini amministrativi.



FDI	Oper. Statu	commodity	Comm. group	Mining act.	LABEL	Geo. Desc.	Min. Bkgd.	Max. Bkgd.	PROD2019
16	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SVU<SUB>a*	Yellowish-gray sandy clays and clays, gradually passing upward	156	248	4851.4
6	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	361	538	42883.32
7	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	361	538	58628
10	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	156	248	23424
23	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	36	95	44081
58	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	8860
59	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	51460
60	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	19924
62	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	41924
46	Operating	Basalt	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	ORV<SUB>1*	Weakly porphyritic lava flows for diatritic phenocrysts and felds	538	1553	303108.4
47	Operating	Basalt	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	ORV<SUB>1*	Weakly porphyritic lava flows for diatritic phenocrysts and felds	538	1553	502569
4	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAC<SUB>1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	538	1553	0
5	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAC<SUB>1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	538	1553	0
8	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAC<SUB>1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	361	538	0
1	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SCC	Thinly stratified calcareous marl, ash-gray in the basal part, rotten	156	248	179000
18	Operating	Calcite	Building Raw Materials	SurfacePit/Minng	FCC	Thinly stratified (10-30 cm) gray, purple or greenish marl and marl	95	156	0
45	Operating	Aggregates	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	ORV<SUB>1*	Stratified pyrobasalt succession with attenuation of fine luffs and	538	1553	0
64	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	CHT<SUB>3*	Sand and gravel with travertine levels.	361	538	0
65	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	TOO<SUB>2*	Prevailing clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	248	314	6011.85
78	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	TOO<SUB>1*	Prevailing clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	248	314	0
2	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	VAS	Penish or polychrome marly limestones in layers of no more than	248	314	428596
3	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	VAS	Penish or polychrome marly limestones in layers of no more than	314	361	0
9	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	36	95	30912.27
13	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	156	248	144700
20	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	248	314	14600
21	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	20025
56	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	15000
57	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	19800
61	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	1927
69	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	0
70	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	SAA	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	156	248	15402.26
76	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	PIJA<SUB>4*	Penish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	156	248	41125
29	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	6235
30	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	98060
31	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	0
32	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	2400
50	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	248	3296.53
53	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	95	156	12400
63	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	95	156	42360
74	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	248	0
77	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/Minng	MAI	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	248	0

Figure 5

mintell4eu_jta							
FID	Oper. Statu	commodity	Comm. group	Mining act	LABEL	Geo. Desc	
18	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	SVU<SUB>1*	Yellowish-gray sandy clays and clays, gradually passing upward	
6	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
7	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
10	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
22	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
23	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
58	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
59	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
60	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
62	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	
46	Operating	Basalt	Building Raw Materials	OpenPitMining	ORV<SUB>1*	Weakly porphyritic lava flows for diatexite phenocrysts and felds	
47	Operating	Basalt	Building Raw Materials	OpenPitMining	ORV<SUB>1*	Weakly porphyritic lava flows for diatexite phenocrysts and felds	
4	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAC<SUB>1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	
5	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAC<SUB>1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	
8	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAC<SUB>1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	
1	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPitMining	SCC	Thinly stratified calcareous marl, ash-gray in the basal part, rotten	
19	Operating	Calcite	Building Raw Materials	SurfaceMining	FUC	Thinly stratified (10-30 cm) gray, purple or greenish marl and marl	
45	Operating	Aggregates	Building Raw Materials	OpenPitMining	ORV<SUB>1*	Stratified pyroclastic succession with alternation of fine tuffs and	
52	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	Quarrying	CHT<SUB>3*	Sand and gravel with travertine levels	
64	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPitMining	CHT<SUB>3*	Sand and gravel with travertine levels	
65	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	TOD<SUB>2*	Prevailing clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	
71	Operating	Sand and gravel	Building Raw Materials	SurfaceMining	TOD<SUB>1*	Prevailing clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	
76	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	TOD<SUB>1*	Prevailing clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	
2	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPitMining	VAS	Pinkish or polychrome marly limestones in layers of no more than	
40	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPitMining	VAS	Pinkish or polychrome marly limestones in layers of no more than	
3	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	
12	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	
13	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	

**Figura 6**

Le figure. 5 e 6 mostrano una parte del database Mintell4eu per l'Umbria; sono stati predisposti secondo le indicazioni della banca dati europea i campi Stato Operativo, Gruppo Merceologico, Tipo Merceologico, Attività Mineraria, Produzione in riferimento all'anno 2019 ed infine i campi implementati dalla Regione Umbria derivanti da analisi G.I.S. dei dati disponibili presso l'Ufficio Geologico regionale, con le informazioni associate alle cave e miniere per la geologia e radioattività naturale Campo Etichetta, Descrizione Geologia e Campo Min/Max Bq/kg per la radioattività.

## Conclusioni

Le informazioni fornite da Regione Umbria sono state integrate con quelle fornite da ISPRA, altro partner del Progetto Mintell4eu, che sono confluite anche nel Work Package 2 "The European Minerals Yearbook" oppure nel e-Minerals Yearbook residente sul sito del servizio Geologico danese (GEUS). Il risultato finale della versione 2021.8 della banca dati Mintell4EU ha portato a diverse modifiche nel modello dati (datamodel) e nelle liste dei codici (codelists) che sono stati resi compatibili con le direttive INSPIRE.

I dati contenuti nell' e-Minerals Yearbook sono relativi alla produzione di materie prime minerarie dal 2014 al 2019, dati commerciali dal 2014 al 2018, dati relativi a risorse, riserve ed esplorazioni con riferimento all'anno 2019.

Rispetto alla versione della banca dati precedentemente in uso, in MIN4EU si è registrato a livello europeo un incremento del 23.7% dei dati relativi alla presenza di risorse minerarie (dati aggiornati a novembre 2021), con un'implementazione per l'Italia di 2.340 elementi completamente relativi a miniere e cave.

Le informazioni consultabili online riguardano lo stato delle miniere (abbandonata, attiva, storica, ecc.) ed il tipo (miniera sotterranea, cava, ecc.) ed il tipo di materia prima estratta con riferimenti ai quantitativi sul un webgis al link seguente che verrà trasferito sul portale EGDI:

[https://data.geus.dk/egdi/?mapname=egdi\\_geoera\\_mintell4eu#baslay=baseM apGEUS&extent=-327100,1045460,8832080,5419920&layers=egdi\\_mines&filter\\_0=commodity.part%3D%26status.multi%3D%26miningactivity.multi%3D](https://data.geus.dk/egdi/?mapname=egdi_geoera_mintell4eu#baslay=baseM apGEUS&extent=-327100,1045460,8832080,5419920&layers=egdi_mines&filter_0=commodity.part%3D%26status.multi%3D%26miningactivity.multi%3D)



Alla conclusione del progetto è stato possibile ottenere dati sulla produzione e commercio di materie prime minerarie per 40 Paesi Europei, dati di esplorazioni per 7 paesi europei disponibili per scopi di ricerca, *problem solving* per le attività di pianificazione, programmazione e progettazione a scala regionale, nazionale ed europea.

L'Ufficio Geologico della Regione Umbria ha proposto una specifica aggiunta alla banca dati, in rispetto della normativa INSPIRE, e tale banca dati integrata è uno dei risultati del progetto. Per tutti i siti estrattivi umbri la banca dati integrata ha ora una ricchezza di informazioni che va dalla descrizione litologica ai contenuti di radioattività naturale delle materie prime.

## **5-Progetto Resources-Risultati e banche dati**

Il progetto RESOURCE ha tra gli obiettivi l'armonizzazione delle informazioni sulle risorse idriche sotterranee in Europa attraverso progetti dimostrativi transfrontalieri, attraverso approcci di caratterizzazione armonizzati per le falde acquifere in rocce carbonatiche e attraverso un primo prodotto informativo su scala paneuropea in cui i dati disponibili vengono compilati e integrati per produrre una mappa delle risorse di acque sotterranee ad uso idropotabile d'Europa.

I partecipanti al progetto sono: TNO (lead), DLT, AGS, GBA, VMM, SCK, FZZG, HGI, GSD, CGS, GEUS, GTK, BRGM, MBFSZ, ISOR, GSI, ARPA, LGMC, LGT, SGL, MTI, PIG, LNEG, IGR, GSS, GZS, IGME, ICGC, RU, SGU, GIU, NERC, EGT, NRW.

### **Contesto generale**

Questo documento descrive le informazioni sui metadati per il modello della Valle Umbra (WP6) del progetto RESOURCE (Pan-EU Groundwater Resources Map). Fornisce informazioni di base su come è stato compilato il modello per la Valle Umbra, quali dati sono stati utilizzati e quali scelte sono state fatte per determinare i diversi parametri. In primo luogo, viene presentata una tabella riepilogativa che fornisce una rapida panoramica del processo di realizzazione del modello e del tipo di dati utilizzato. Una descrizione più dettagliata di ciascun parametro viene quindi fornita nel paragrafo che descrive il processo alla base dell'utilizzo di un particolare parametro e il background dei dati.

Il modello sotterraneo è stato ricostruito utilizzando dati reali provenienti da pozzi e pozzi profondi ad uso idropotabile; nel nostro modello stratigrafico non sono stati considerati livelli di spessore inferiori a 0,5m.

Il modello 2D e la stratigrafia dell'area del nostro caso studio sono stati ricostruiti con grande accuratezza: si tratta di depositi alluvionali che mostrano l'alternanza di sedimenti sabbiosi, ghiaiosi e argillosi senza continuità laterale. Tutti i parametri sono stati inseriti utilizzando i dati di modelli reali, solo i parametri idraulici hanno un livello di accuratezza basato sul giudizio esperto.

## Tabella riassuntiva

Parameter	Short description	Link/reference
Altitude_surface_level	Average of the altitudes of the vertices of the cell 10x10 from the Regional Technical Map in scale 1: 10,000 in meters above sea level	<a href="http://www.umbriageo.regione.umbria.it/pagina/distribuzione-carta-tecnica-regionale-raster">http://www.umbriageo.regione.umbria.it/pagina/distribuzione-carta-tecnica-regionale-raster</a>
Total_depth_active_layers	Obtained from the difference between the share of the average altitude and the share of the waterproof substrate.	Note illustrative carta geologica Regione Umbria 1:10.000 sezione 311_110
Unsaturated zone thickness and extent	It is the thickness of the covering soil whose extension is equal to the percentage of the cell surface covered by the study	<a href="https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000">https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000</a>
Saturated zone thickness and extent	Thickness of saturated sediments obtained from the database of surveys for Google Earth of the Umbria Region and from the isophreatic contour lines of the hydrogeological map of the Umbrian valley	<a href="http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Statistic/Indagini_GeologicheKmz/Index_kmz.htm">http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Statistic/Indagini_GeologicheKmz/Index_kmz.htm</a> <a href="https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000">https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000</a>
Hydrogeofacies	Hydrogeofacies are based on layer types. Generally: aquifers: coarse sand, aquitards: clay.	<a href="http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Statistic/Indagini_GeologicheKmz/Index_kmz.htm">http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Statistic/Indagini_GeologicheKmz/Index_kmz.htm</a>
Geological age	The sediments are all from the Quaternary age	<a href="#">Geologia - Regione Umbria</a>
Layer type	Layers are described on the basis of the hydrogeological map of the Umbrian valley	<a href="https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000">https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000</a>
Aquifer type	Based on geologists database of the region of Umbria: aquifers above the aquitards or above the substrate: semi- confined, aquifers under pressure: confined	<a href="http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Statistic/Indagini_GeologicheKmz/Index_kmz.htm">http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Statistic/Indagini_GeologicheKmz/Index_kmz.htm</a>
Hydrological parameters	kh and kv are based on flow tests on wells, while porosity and anisotropy values are based on expert judgment	E. PREZIOSI, E. ROMANO (2009): From a Hydrostructural analysis to the mathematical modelling of regional aquifers (central Italy)
Artesian/Paleo/Thermal	The artesian aquifers have been identified by the Hydrogeological Map of the Umbrian Valley and by the geological database of the Umbria Region	<a href="http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Statistic/Indagini_GeologicheKmz/Index_kmz.htm">http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Statistic/Indagini_GeologicheKmz/Index_kmz.htm</a> <a href="https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000">https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000</a>

## Dati principali

Di seguito vengono descritti i criteri di scelta e le modalità di inserimento dei dati di input all'interno delle celle il cui schema è stato fornito da TNO. Le immagini rappresentano gli output ottenuti a seguito delle elaborazioni dei dati di input effettuate da TNO per tutti i paesi partecipanti al progetto Resource al fine di rendere omogenei tutti i dati a livello europeo.

## Altitudine

L'altitudine del piano di superficie deriva dai valori di elevazione indicati nella carta tecnica regionale in scala 1:10000 "Cartografia di base del territorio regionale realizzata con il metodo fotogrammetrico, revisionata più volte tra il 1985 e il 2006"

<http://www.umbriageo.regione.umbria.it/pagina/distribuzione-carta-tecnica-regionale-raster-110-0>.

Per ogni cella di 10x10km è stata calcolata una media tra i valori di elevazione agli angoli della cella stessa.

## Profondità totale degli strati e livelli attivi, profondità degli strati e livelli attivi

L'Umbria è una regione italiana che non ha sbocchi sul mare e quindi non c'è mescolanza tra falda dolce e salata marina. La falda acquifera è costituita da depositi alluvionali che ricoprono le argille plio-pleistoceniche al centro della valle (base idrogeologica), ed è confinata ad est e ad ovest da depositi lacustri e fluvio-lacustri che ricoprono la successione torbiditica miocenica della Formazione Marnoso-Arenacea.

La valle umbra è una valle stretta e allungata in direzione circa nord-sud. La profondità totale della zona attiva è definita dalla base idrogeologica rappresentata dai sedimenti miocenici rinvenuti attraverso la perforazione del campo pozzi per uso idropotabile (circa 150 pozzi) che ha consentito, insieme ad altri dati di natura geologica ed idrogeologica, di ricostruire l'andamento delle curve isofreatiche per l'intera area di studio.

(<https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+de+lla+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000>).

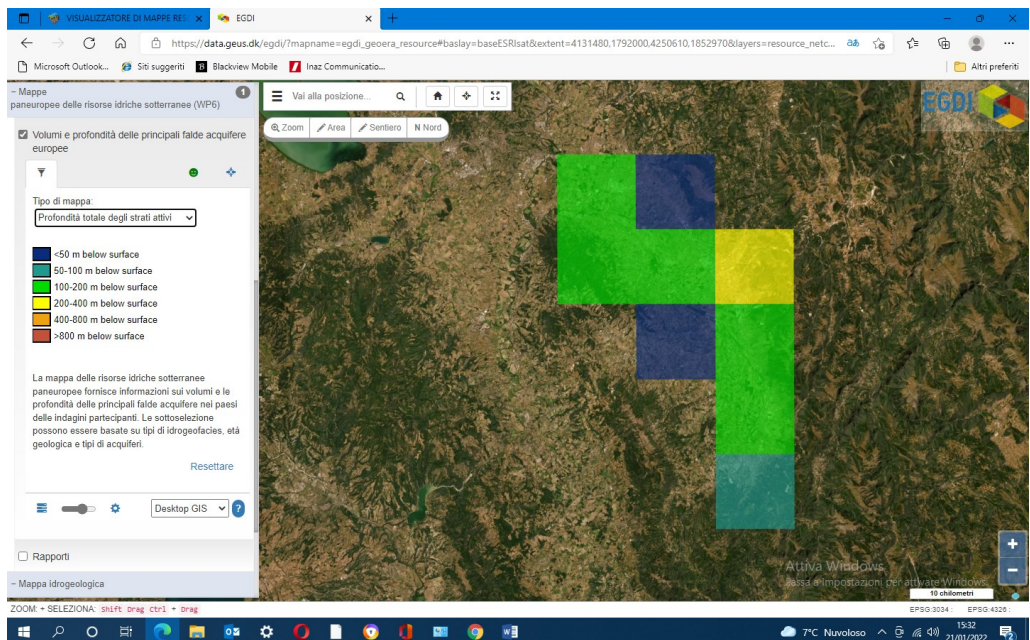
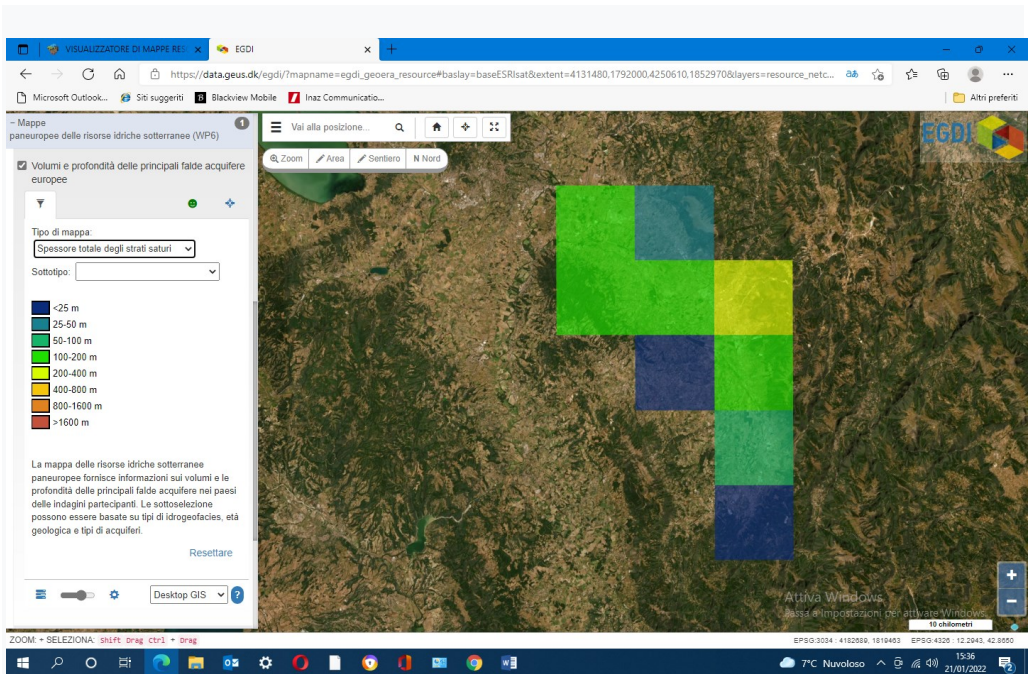
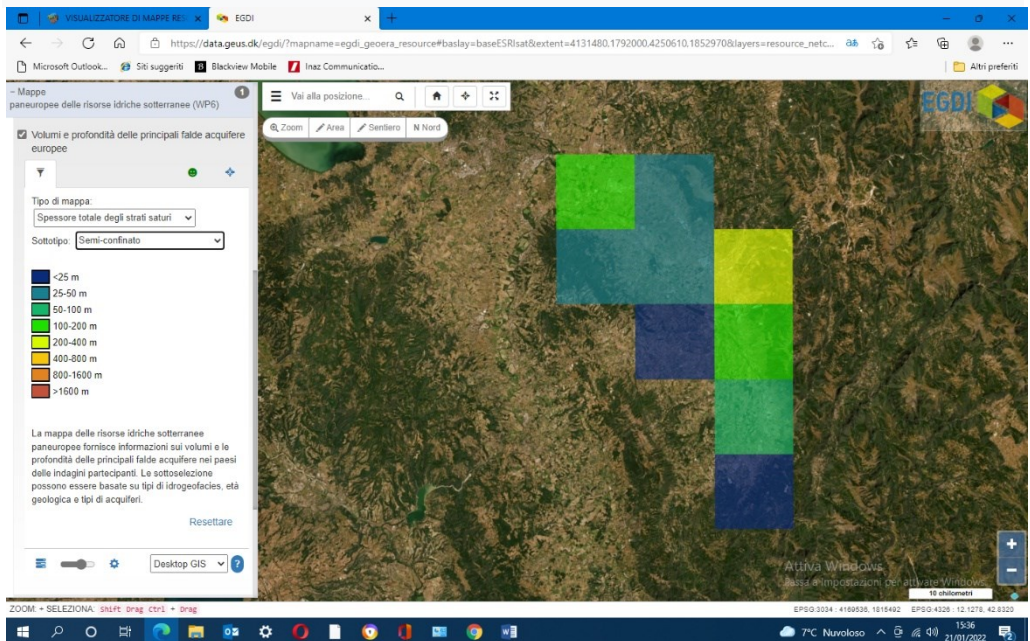


Figura 1





**Figura 2: Spessore totale degli strati saturi.**



**Figura 3: Distribuzione e spessore strati saturi semiconfinati.**

## **Dati sugli strati**

### Spessore, estensione e dinamica della zona insatura

La zona insatura è rappresentata nel nostro modello geidrogeologico da strati di spessore medio di 1m nella nostra area dove i sedimenti subsuperficiali sono considerati acquitardi e, la cui estensione nella cella dipende principalmente dalla superficie occupata all'interno dell'area studiata nella cella 10x10km.

Nelle porzioni di territorio in cui emerge invece la falda acquifera con i suoi sedimenti di conoide alluvionale, si è ritenuto insaturo l'intero spessore dei materiali grossolani secchi individuati dagli studi effettuati per la redazione della carta idrogeologica della Valle Umbra fino alla sommità del livello piezometrico.

### Spessore ed estensione della zona satura

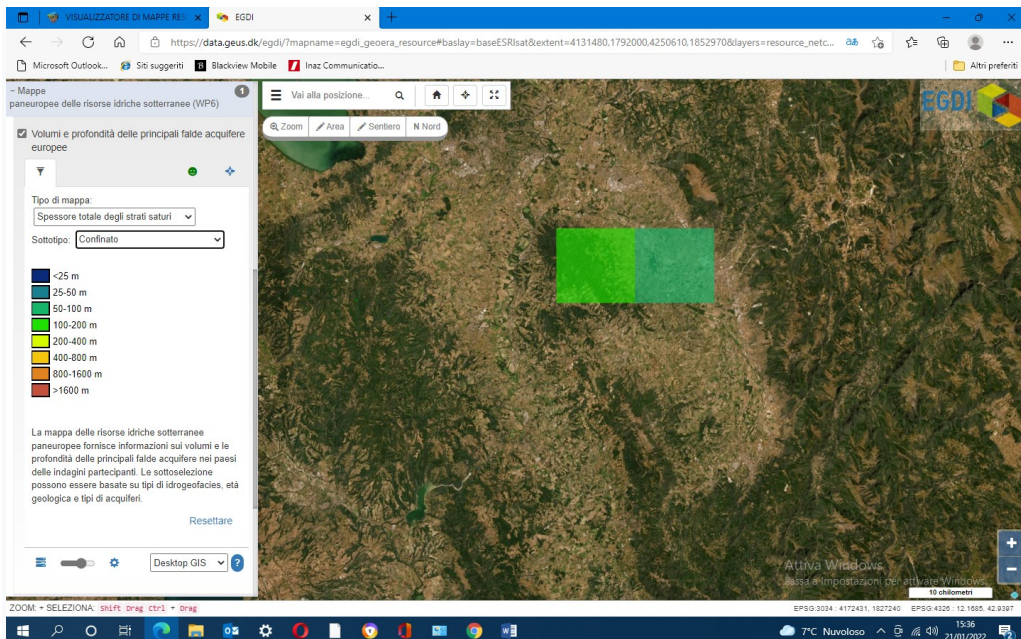
Gran parte del territorio della valle umbra è caratterizzato dalla presenza, in superficie, di sedimenti che idrogeologicamente costituiscono un acquitardo considerato saturo di *default*.

L'estensione di questi depositi è rappresentata dalla carta idrogeologica della Valle Umbra con celle di dimensioni 10x10km.

Questi sedimenti fini spesso misti a limo appartengono al gruppo delle "Idrofacies sedimentarie non consolidate" di argille quaternarie, anche se le abbiamo classificate come sabbie grossolane appartenenti alle "Idrofacies sedimentarie non consolidate", che è la litologia tipica che ospita falde acquifere.

Questa è una semplificazione in quanto, essendo sedimenti di origine alluvionale, le sabbie non sono mai pure ma contengono al loro interno percentuali variabili di limi, argille o ghiaie. Tuttavia, poiché si tratta di introdurre dati su larga scala, sono stati tutti considerati come sabbie grossolane (Figura 2).

Nelle falde acquifere semiconfinate il livello delle falde freatiche risente dell'innalzamento e abbassamento stagionale naturale (Figura 3), mentre nell'acquifero artesiano, pur mantenendo le caratteristiche di una falda in pressione, l'abbassamento del livello delle falde acquifere può essere causato dal pompaggio nei pozzi (Figura 4).

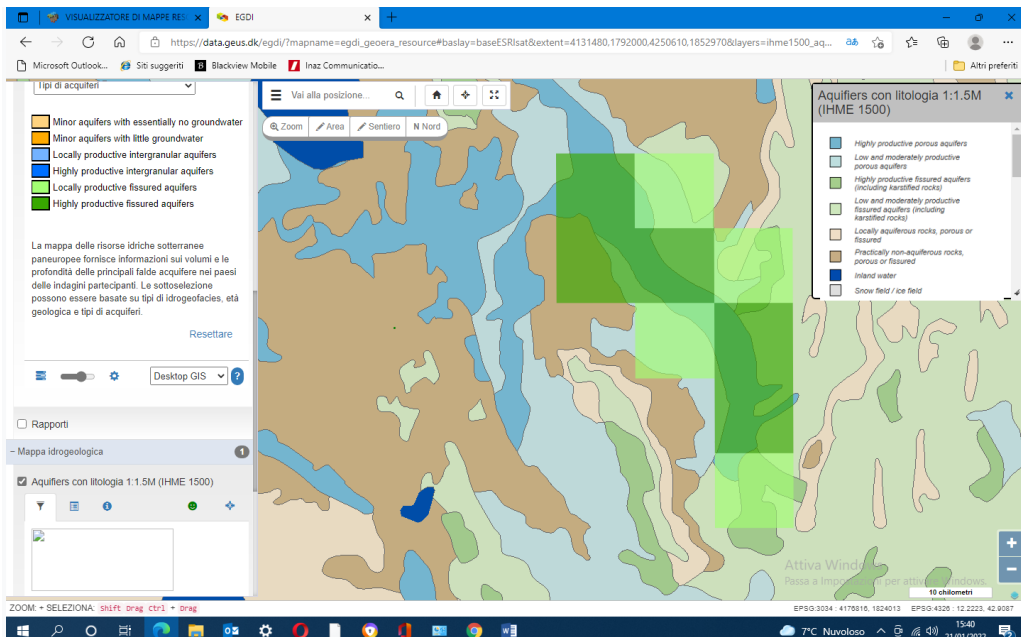


**Figura 4: Distribuzione e spessore strati saturi confinati.**

### Idrogeofacies

Le idrogeofacies sono state determinate da conoscenze specialistiche ottenute sulla base della banca dati dei rilievi geognostici della Regione Umbria, attraverso l'analisi dei log stratigrafici e prove di laboratorio effettuate sui campioni estratti durante le operazioni di perforazione.

I sedimenti che caratterizzano gli acquitardi sono argillosi mentre quelli che ospitano la falda acquifera sono sabbiosi (Figura 5).



**Figura 5: Distribuzione degli acquiferi in funzione delle idrogeofacies.**

### Età geologica

Tutti i sedimenti alluvionali considerati in questo studio appartengono all'era quaternaria.

### Tipo di livello

Nel nostro modello idrogeologico sono stati considerati per lo studio solo due dei tre acquitardi, simili dal punto di vista idrogeologico ma differenti per l'età dei depositi che li contengono.

I tre acquitardi sono caratterizzati come segue:

- L'aquitardo dell'Olocene è il più recente e si estende in tutta la parte centrale della valle umbra.
- Gli acquitardi plio-pleistocenici affioranti sono localizzati principalmente ai margini della valle umbra ed a sud;
- L'aquitardo pre-pliocenico si trova nella parte occidentale dell'area di studio.

Nel modello solo i primi due sono stati considerati per il nostro studio, in quanto il terzo acquitardo è considerato come strato di base idrogeologico che ricopre direttamente il substrato litoide miocenico e quindi non significativi per il progetto Resource.

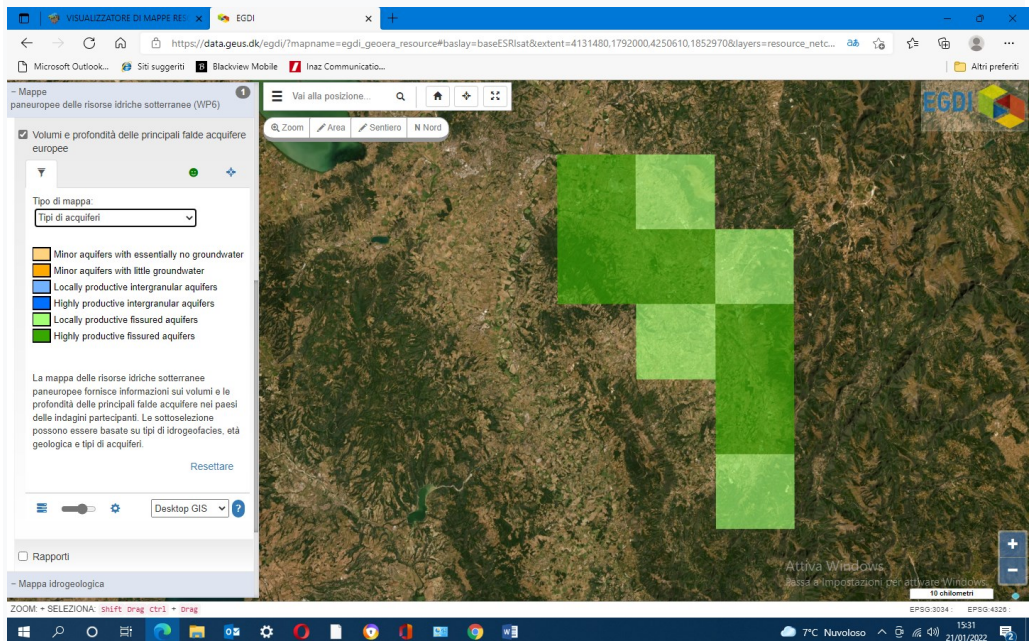
Sulla base di quanto riportato nello studio di E. Preziosi, E. Romano (2009), da un'analisi idrostrutturale della modellizzazione matematica degli acquiferi regionali del centro Italia e sulla base di conoscenze specialistiche sono stati individuati i parametri idraulici riportati nel modello finale consegnato. Per gli acquitardi, di *default*, è stato necessario inserire, oltre alla porosità, la conducibilità idraulica verticale (kv) espressa in m/giorno soltanto e non anche la conducibilità orizzontale.



Per quanto riguarda le falde acquifere, si è considerato lo spessore dell'acquifero attraverso la differenza tra i valori delle curve isofreatiche e la quota del fondo dello strato permeabile, ottenuta sia dall'interpretazione dei dati nel database dei sondaggi della Regione Umbria, sia dalla stratigrafia di pozzi profondi per uso idropotabile.

Sono stati considerati tre tipi di falde acquifere:

- 1) falda acquifera dell'olocene;
- 2) falda plio-pleistocenica;
- 3) falda artesianiana.



**Figura 6: Distribuzione dei vari tipi di acquiferi della Valle Umbra.**

### Tipo di falda

Per quanto riguarda gli acquiferi sotterranei, i dati a nostra disposizione ci fanno considerare acquiferi semiconfinati quelli confinati solo alla base dalle falde acquifere più antiche o dal basamento idrogeologico miocenico.

Per distinguere i vari tipi di acquifero è stata utilizzata una semplice classificazione: se il primo acquifero si trova al di sopra di un acquitardo viene considerato come non confinato. Tutti gli acquiferi più profondi del primo acquitardo sono considerati acquiferi semiconfinati.

### Parametri idrologici

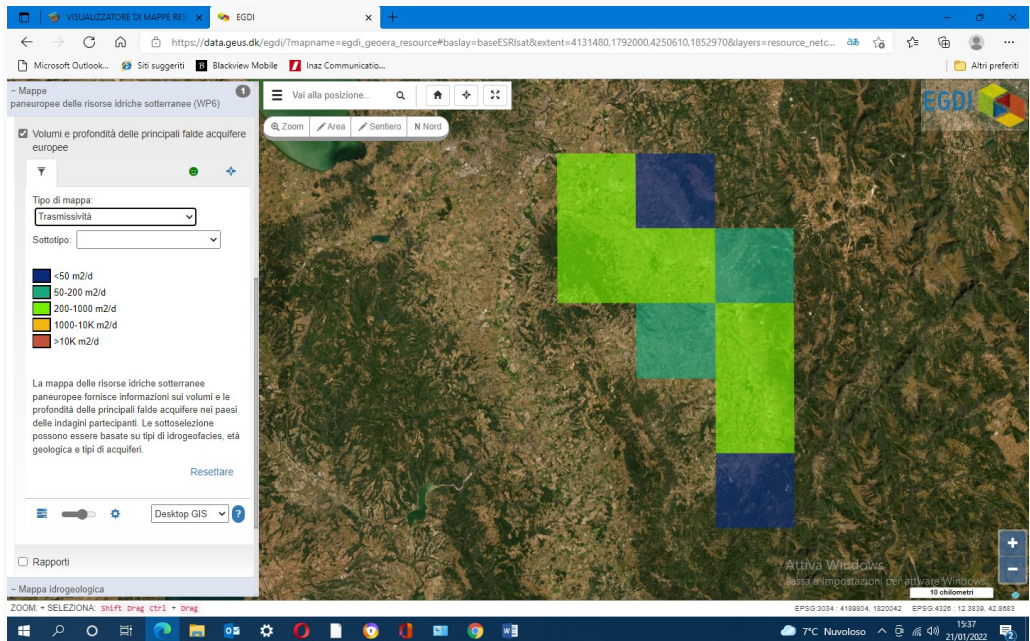
Tutti i parametri idrologici inclusi nel modello (porosità, conducibilità orizzontale e verticale e valore di anisotropia) sono stati determinati dalla combinazione tra i dati in nostro possesso con il giudizio esperto.



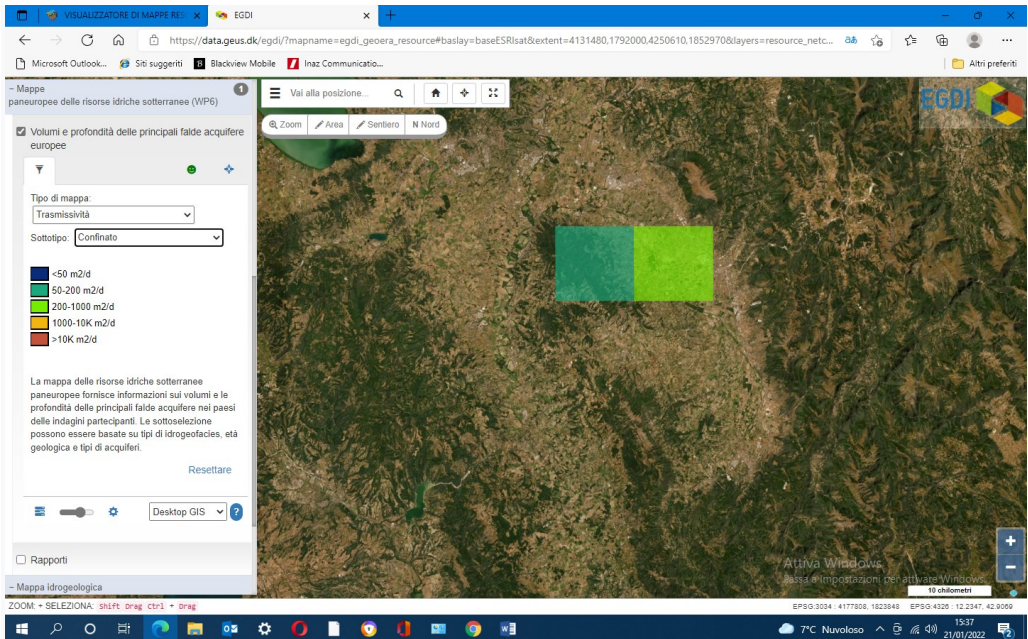
I valori della porosità sono stati ottenuti con giudizio esperto e attraverso i dati del database regionale delle indagini geognostiche.

I parametri variano da 0,5 per i terreni argillosi che contengono gli acquitardi a 0,4 per i sedimenti degli acquiferi, paragonabili a quelli riportati nell'elenco di RESOURCE WP6 Hydrogefacies, che sono di riferimento a livello europeo.

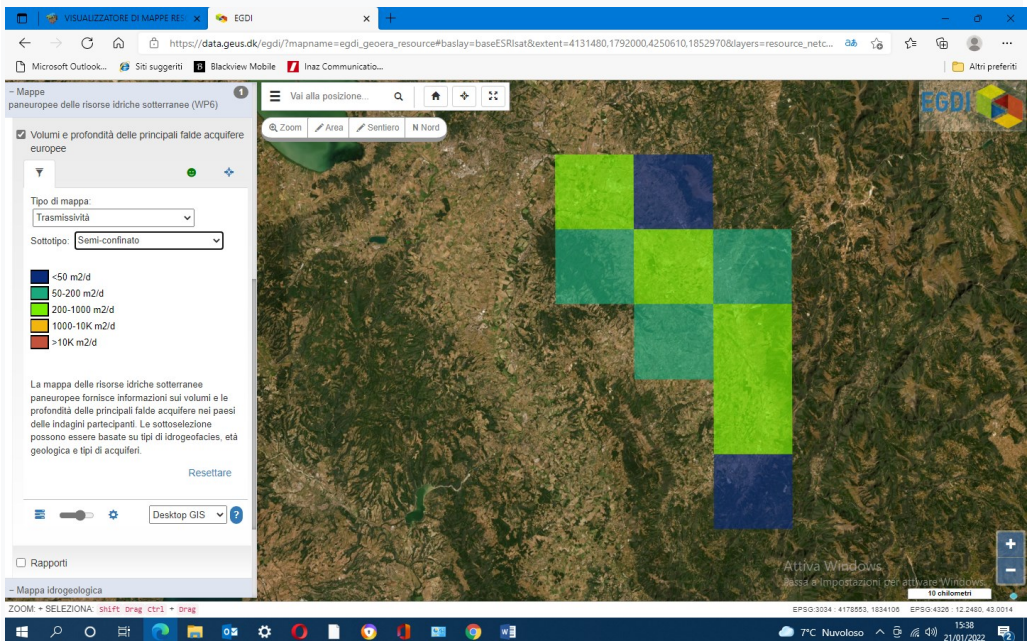
Le conducibilità orizzontali e verticali sono state determinate da prove su pozzi, analizzate con giudizio esperto e confrontate con quelle dell'elenco del WP6 di RESOURCE:  $k_h = 10$  m/giorno e valore di anisotropia = 1 per gli acquiferi;  $k_v = 2 \times 10^{-6}$  m/giorno per gli acquitardi (Figure 7 e 8).



**Figura 7: Trammissività nell'area della Valle Umbra.**



**Figura 8: Trasmittività in corrispondenza di acquiferi confinati.**



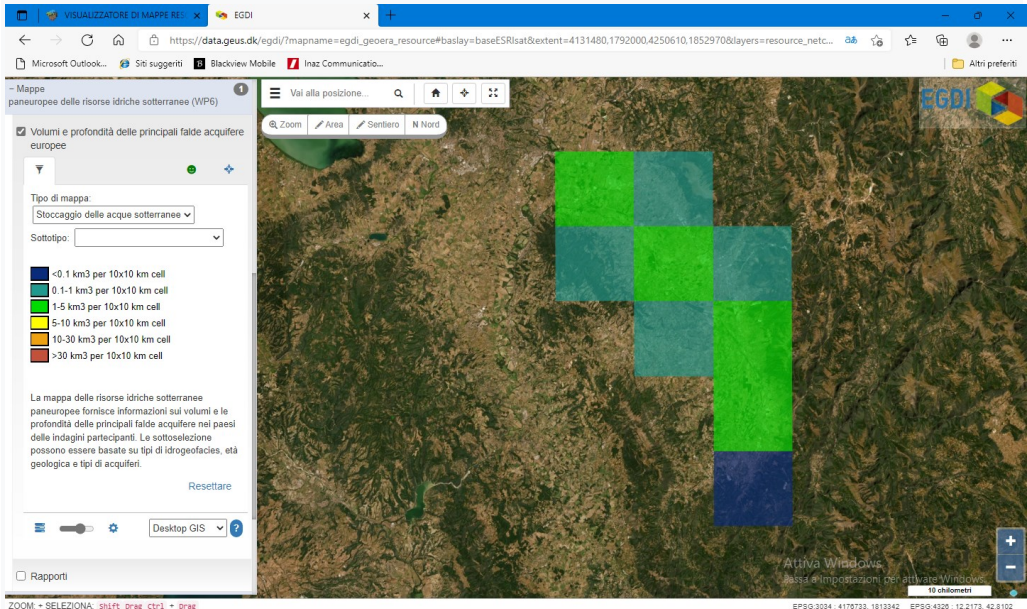
**Figura 9: Trasmittività in corrispondenza di acquiferi semiconfinati.**

### Artesiano/Paleo/Termale

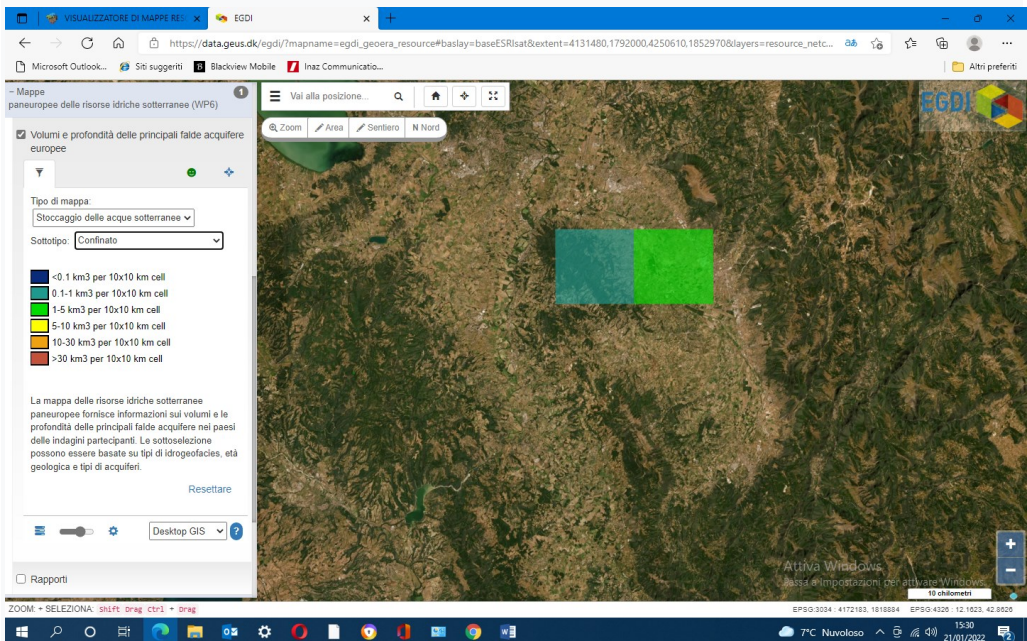
Nell'area nord-occidentale della valle umbra, attraverso una campagna di pozzi realizzati per la ricerca dell'acqua potabile, è stato individuato un acquifero artesiano confinato tra l'acquifero plio-pleistocenico superiore e i sedimenti miocenici che costituiscono la base idrogeologica.



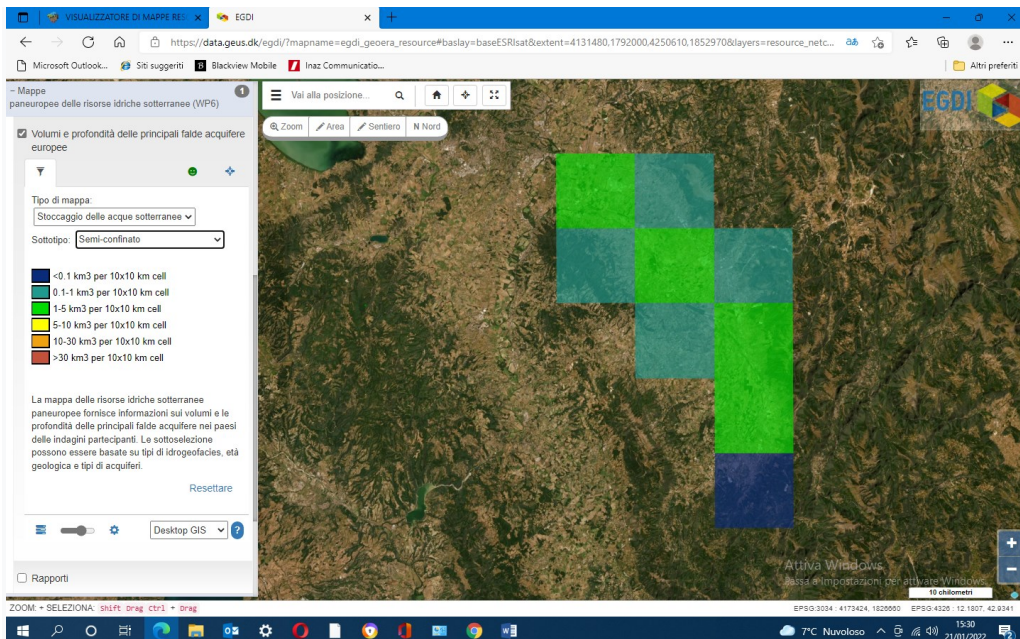
È costituito da sedimenti sabbiosi quaternari aventi le stesse caratteristiche idrologiche degli altri acquiferi.



**Figura 10: Distribuzione volumi delle acque sotterranee immagazzinate nella Valle Umbra.**



**Figura 11: Distribuzione volumi delle acque sotterranee immagazzinate negli acquiferi artesiani.**



**Figura 12: Distribuzione volumi delle acque sotterranee immagazzinate in acquiferi semiconfinati.**

## Bibliografia

- Nota illustrativa carta geologica Regione Umbria 1:10.000 sezione 311\_110
- <https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000>
- E. Preziosi, E. Romano (2009): Da un'analisi idrostrutturale alla modellizzazione matematica degli acquiferi regionali (centro Italia).

## 6-Conclusioni e avanzamenti

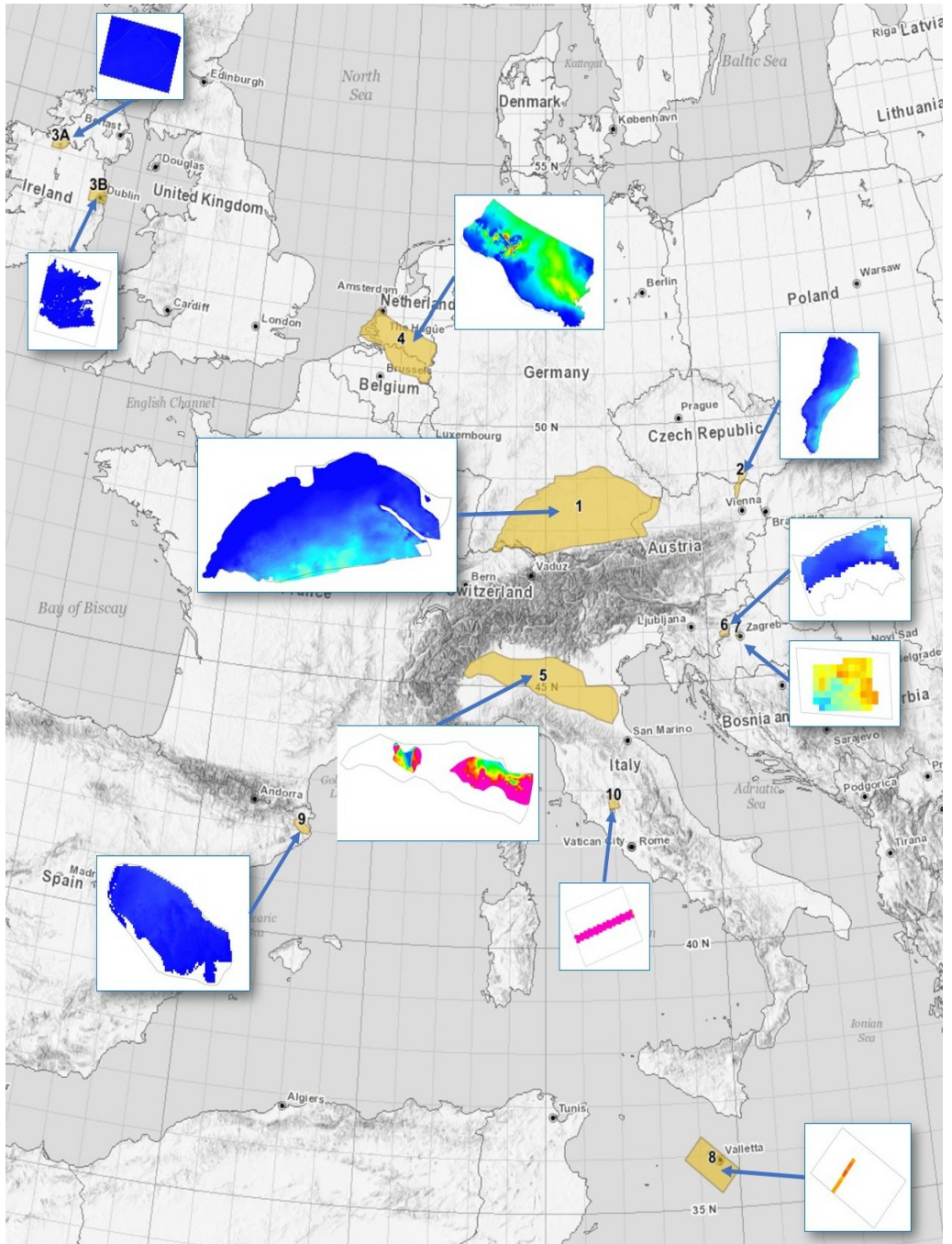
L'azione di cofinanziamento ERA-NET di 32 paesi europei ha portato all'istituzione dello spazio europeo della ricerca sulle indagini geologiche per fornire un servizio geologico per l'Europa (GeoERA). GeoERA è consistito in 15 progetti della durata di 3 anni ed è stato avviato a luglio 2018. A gennaio 2022 si è tenuta la conferenza finale online ed i risultati di tutti i progetti sono stati presentati e discussi con un ampio gruppo di parti interessate.

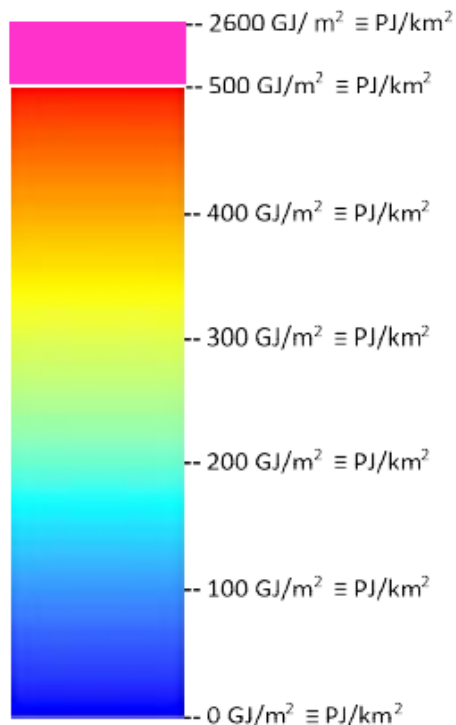
Tutti i progetti completi di visualizzatore GIS sono disponibili al <https://geoera.eu> ed un video sintetico descrive il mega progetto <https://youtu.be/zqBpqpDmCQA>.

Con il progetto Hotlime si è ottenuto l'atlante dei bacini geotermici delle rocce carbonatiche in tutta Europa per 11 aree di studio. Per tutte le aree si sono fatte valutazioni spaziali in celle raster da 500 x 500m.

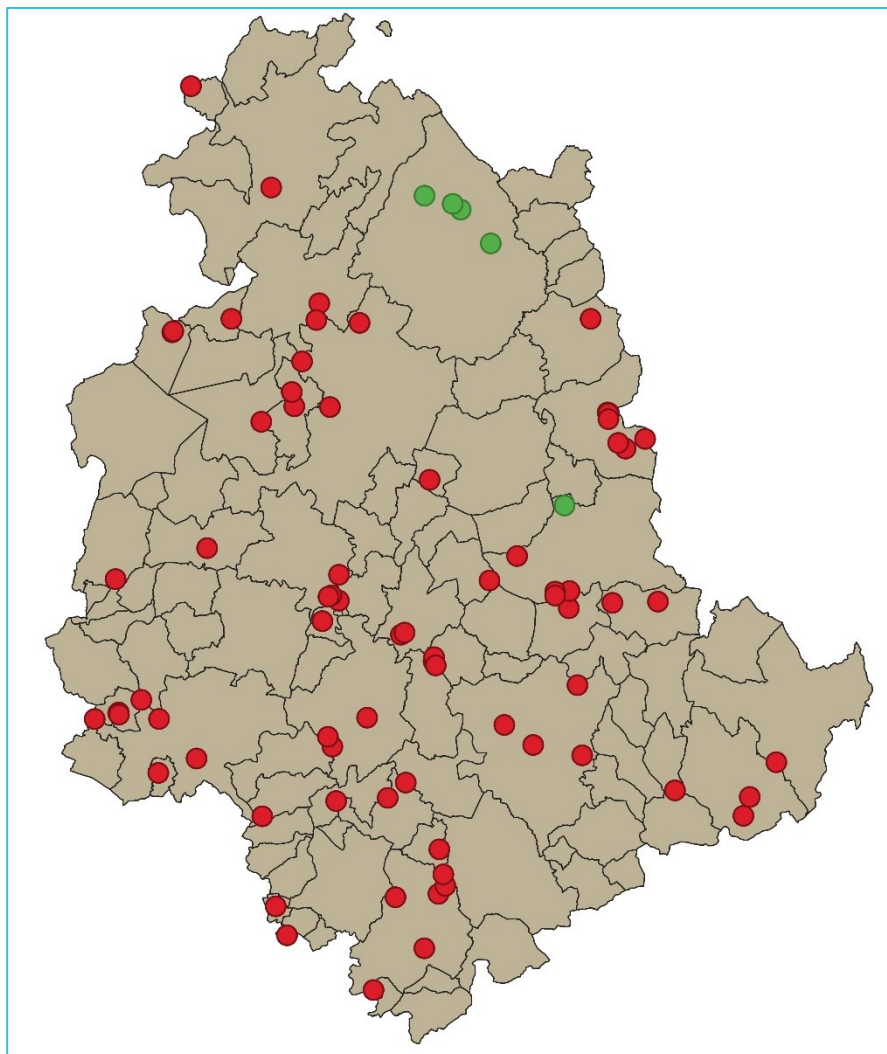
La valutazione della quantità di calore immagazzinato, ovvero la massima energia termica teoricamente estraibile nel giacimento, è uno dei principali risultati della mappatura e caratterizzazione dei giacimenti carbonatici in profondità di HotLime. Per il suo confronto diretto, questa mappa mostra l'Heat in Place volumetrico espresso in GJ/m<sup>2</sup> ( $10^9$  J/m<sup>2</sup>) calcolato per volumi di 500 m x 500 m di spessore lordo del serbatoio [m] e la temperatura di riferimento  $T_{ref} = 18^{\circ}\text{C}$ . Tenendo conto delle condizioni di partenza nazionali, le mappe Heat in Place non intendono offrire istruzioni per gli sviluppatori di progetti per costruire pozzi geotermici, ma per indicare il potenziale complessivo di una regione e identificare le aree per ulteriori indagini localizzate per l'esplorazione geotermica con promettenti valori.





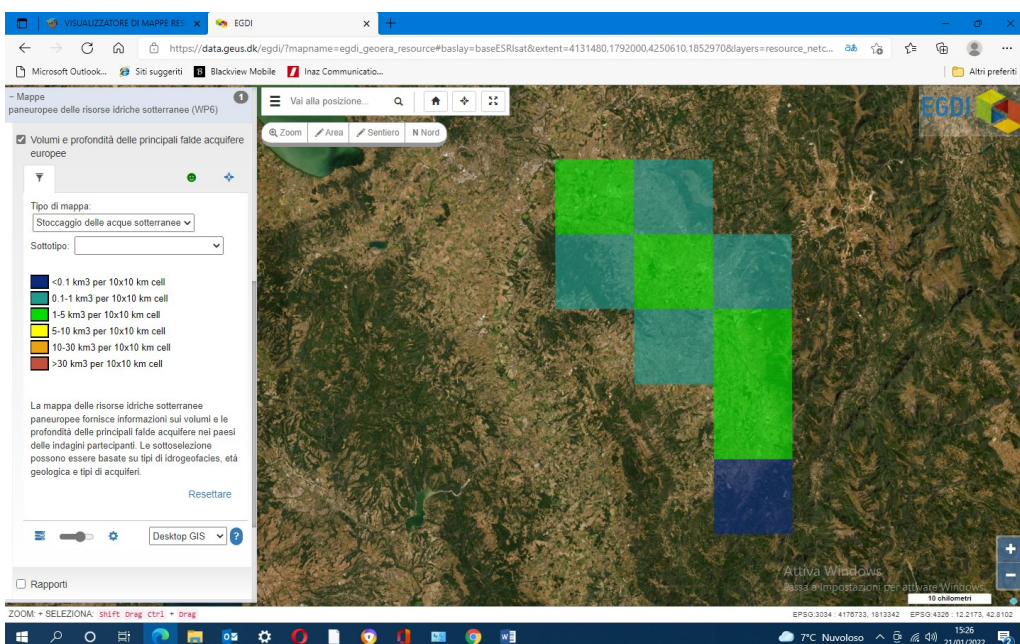
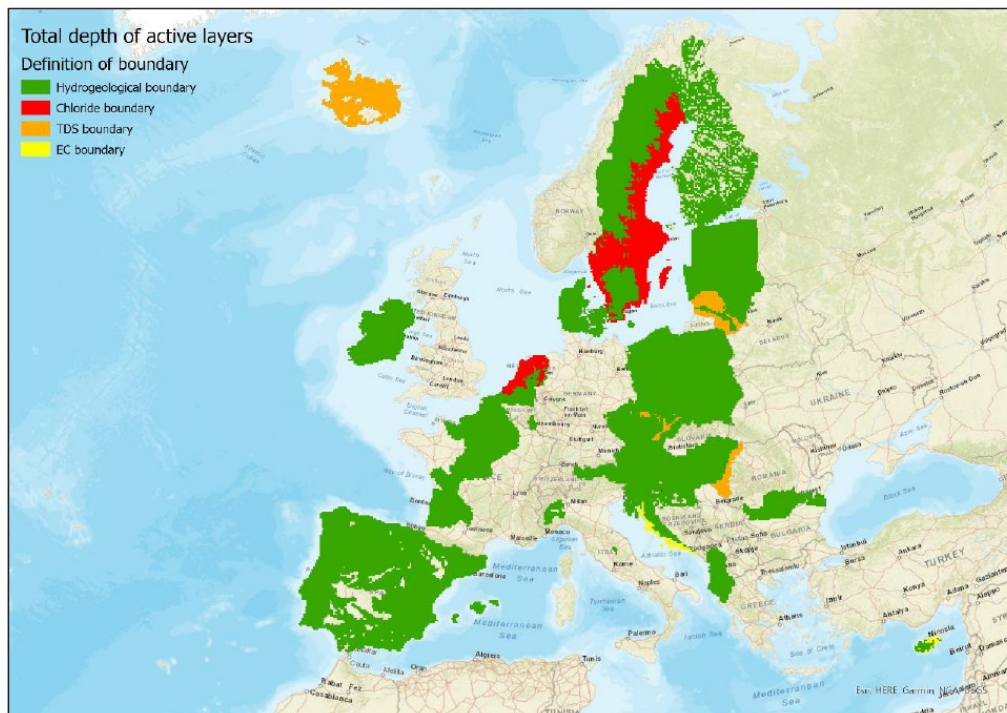


Con il progetto Mintell4EU è stato possibile ottenere dati sulla produzione e commercio di materie prime minerarie per 40 Paesi Europei, dati di esplorazioni per 7 paesi europei disponibili per scopi di ricerca, *problem solving* per le attività di pianificazione, programmazione e progettazione a scala regionale, nazionale ed europea. L'Ufficio Geologico della Regione Umbria ha predisposto una specifica aggiunta alla banca dati, in rispetto della normativa INSPIRE, e tale banca dati integrata è uno dei risultati del progetto. Per tutti i siti estrattivi umbri la banca dati integrata ha ora una ricchezza di informazioni che va dalla descrizione litologica ai contenuti di radioattività naturale delle materie prime oltre che di tutte le rocce presenti in Umbria. Tali informazioni sono a disposizione della collettività e possono essere utilizzate anche da tutti gli operatori commerciali.

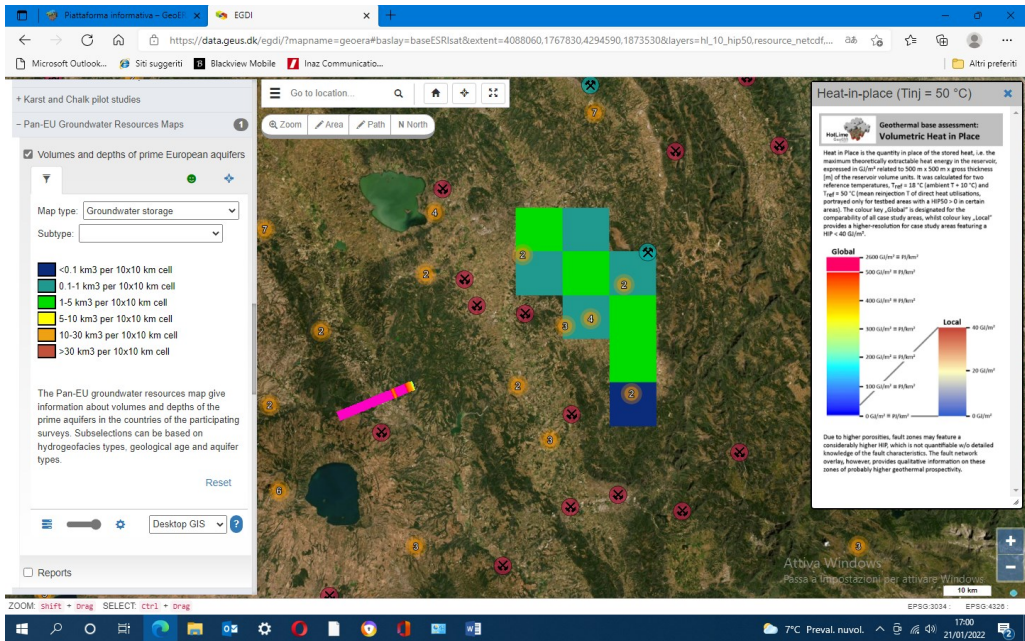


Con il progetto Resource è stato possibile ottenere una standardizzazione delle modalità di rappresentazione delle acque sotterranee come risorsa a livello paneuropeo per le aree oggetto di analisi.





Per la valle umbra ora sono disponibili informazioni riguardanti la risorsa strategica delle acque sotterranee della valle umbra (quantità, profondità, trasmissività, etc.).



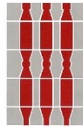
Per tutti i 3 progetti, i risultati ottenuti permettono di ampliare ulteriormente nel futuro le mappature e le caratterizzazioni con le stesse metodologie riconosciute a livello europeo dalla CE.

# The European GeoERA project



Horizon 2020  
European Union funding  
for Research & Innovation

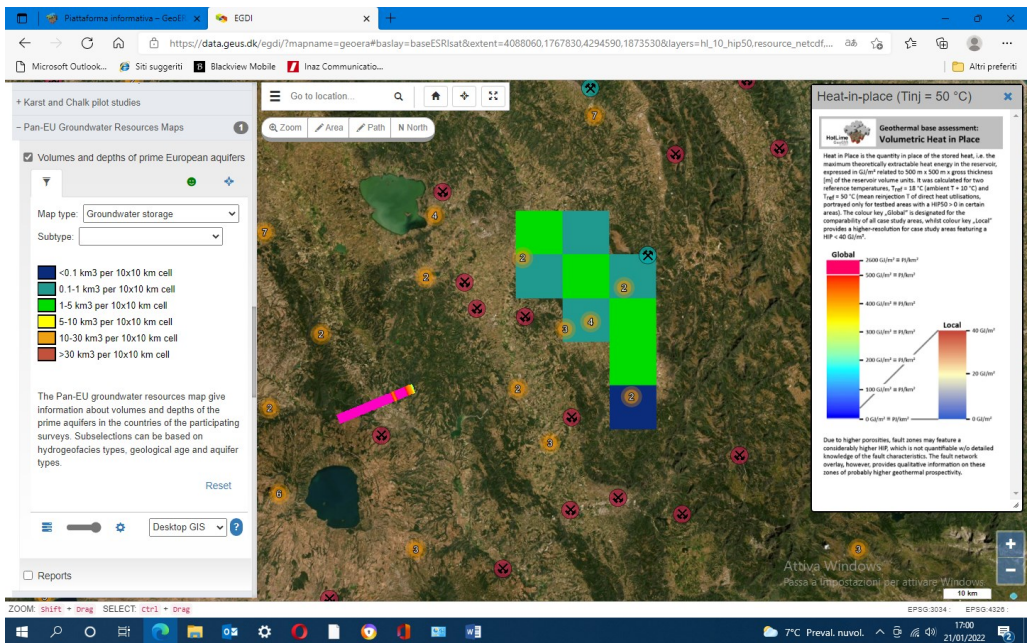
# GeoERA



## Regione Umbria

Sezione Caratteristiche geologiche del territorio

By Andrea Motti, Norman Natali, Marco Ognà, Sonia Mariuccini



February 2022



## 1-Introduction

## 2-Participants and operating methods of the Consortium

## 3-Hotlime Project-Results and databases

## 4-Mintell4EU Project-Results and databases

## 5-Project Resources-Results and databases

## 6-Conclusions and progress

### 1- Introduction

In 2016 the Geological Survey of the Regione Umbria decided to participate in the mega project called GeoERA (Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe). The GeoERA project has defined the general objectives of integrating information and knowledge of geothermal energy, groundwater resources and raw materials to manage the use of European subsoil resources in an integrated, responsible and public way. The grant agreement was signed between the EC (European Commission) and the consortium made up of 45 public entities from 32 European countries.

The overall size of the project is worth 30 million euros as work done by the participants for 15 different projects on 4 different topics.



Participants gathered load of information to enable policy decisions that support safe and responsible exploitation of subsurface resources and to increase public awareness on the potential subsurface contributions to meet Europe's energy and climate challenges. Research activities usually focus on establishing state-of-art methodologies to for harmonized mapping and assess potential resources and capacities. Improving the interoperability of geological datasets that underpin such assessments. Implementing scientific intelligence and information into the policy domain considering relevant cross-thematic links to groundwater and mineral resources.



Mineral Raw Materials underpin societal development and Europe's ambition for economic growth and well-being. The European Commission recognises the importance of Raw Materials through its Raw Materials Initiative (RMI), the European Innovation Platform on Raw Materials (EIP-RM) and Horizon 2020 funding, specifically through Societal Challenge 5 –

Climate Action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials. These initiatives have as their overall objective: the security and sustainability of mineral raw materials supply from EU domestic sources and other sources (primary and secondary) and the management of competing uses of the subsurface.

GeoERA aims to optimize the use and management of the Raw Materials while minimizing potential negative environmental, health and societal impacts. GeoERA addresses both on-shore and off-shore resources, it considers all mineral Raw Materials and metals industrial minerals as construction materials and in particular Critical Raw Materials and consider all parts of the value chain in the context of the Circular Economy. Specifically, the Raw Materials Theme will contribute to the development of minerals intelligence (Minerals Yearbook and Minerals Inventory) and to innovation through the development of specific Pilot Studies such as commodities for challenging environments and new frontiers, energy-critical elements, energy storage, telecommunications, transport, societal well-being. Improving European regional geological and metallogenic knowledge Improving existing genetic and exploration models and creating 3D/4D modelling and 3D predictive targeting systems. all with a view to developing more efficient and effective exploration tools and technologies leading to the sourcing of indigenous Raw Materials and the development of European industry and quality of life for all its citizens.



The objective of the GeoERA groundwater theme is to provide data, information and decision-support tools for the long-term protection, sustainable management and improvement of groundwater resources across Europe, within the framework of societal challenges and EU policies. Innovative methodologies will be required to tackle the diversity of hydrogeological settings and the range of scales – regional to pan-European. By jointly developing effective tools and methodologies for monitoring, modelling, data management and visualization, in close collaboration with the other GeoERA themes, this work will improve our understanding of groundwater systems and their interaction with surface water and ecosystems.



The geo-energy, groundwater and raw materials themes share the common objective to provide and disseminate spatial information on their respective resources and underpinning geological data. As the cross-thematic integration of information is an important aspect to be addressed in GeoERA a specific theme on an “Information Platform” that effectively integrates all ICT-related and technical issues (database and dissemination) from the three challenges has been introduced.

Under the Information Platform theme one [project](#) has been awarded and this will address the development of a common geoscience information platform capable of integrating up-to-date data, interpretations and models from different and distributed sources, both within and across the three main geoscientific themes of GeoERA. The platform will be based on results obtained during the development of the European Geological Data Infrastructure (EGDI) (see [www.europe-geology.eu](http://www.europe-geology.eu)) which has been implemented in a first version in 2016 by members of the EuroGeoSurveys Spatial Information Expert Group.

2 years were used for negotiations between 33 European countries for the division of resources based on the "reliability" of the country, size, technical capabilities, etc.

These are the 15 projects that have had a "blind" evaluation and a technical-scientific validation at an international level before being first considered and then approved.

Acronym	Theme	SRT	Exc.	Impact	Impl.	Total score	Requested budget (€)	Cumulative budget (€)	Left over budget (€)
Gip-P	IP	IP1	3.5	3.5	3.5	10.5	3,860,804	3,860,804	39,196
HOVER	GW	GW1	5	4.5	5	14.5	2,999,814	2,999,814	772
TACTIC	GW	GW2	4.5	4.5	4.5	13.5	1,799,979	4,799,793	
RESOURces	GW	GW3	3.5	4	4	11.5	2,465,654	7,265,447	
VoGERA	GW	GW4	3.5	4	4	11.5	433,781	7,699,228	
MINDeSEA	RM	RM3	3.5	4	4,5	12	783,285	783,285	517,565
Mintell4EU	RM	RM1	4	3	5	12	2,859,159	3,642,444	
EuroLithos	RM	RM2	4	3	4	11	1,100,357	4,742,801	
FRAME	RM	RM4	3.5	3	4	10.5	3,139,634	7,882,435	
AGRRE-GRADES	RM	RM2	3	3	4.5	10.5	1,936,616	9,819,051	227,933
MUSE	GE	GE2	4.5	4	4.5	13	1,313,260	1,313,260	
HotLime	GE	GE2	4	4	4	12	1,658,728	2,971,988	
HIKE	GE	GE4	4	4	4	12	1,620,649	4,592,637	
3DGEO-EU	GE	GE5	4	3.5	4	11.5	3,651,677	8,244,314	
GeoConnect <sup>3d</sup>	GE	GE6	4	3.5	4	11.5	1,827,753	10,072,067	
GARAH	GE	GE1	3.5	3.5	3.5	10.5	1,060,707	11,132,774	
GEO4Sure	GE	GE2	3.5	3.5	3.5	10.5	974,719	12,107,493	
Total awarded budget 29,514,534 EUR									
Total left over budget 785,466 EUR									

The Geological Survey of the Umbria Region contributed to the "success" of 3 out of 3 projects (1 project for each topic).

All projects started operationally from July 2018 and ended in December 2021 (6 months were added due to the covid pandemic) <https://geoera.eu> .

The results will be used by the EC to program the seven-year programming cycles, to standardize units of measurement, to prepare guidelines, to propose technical regulations.



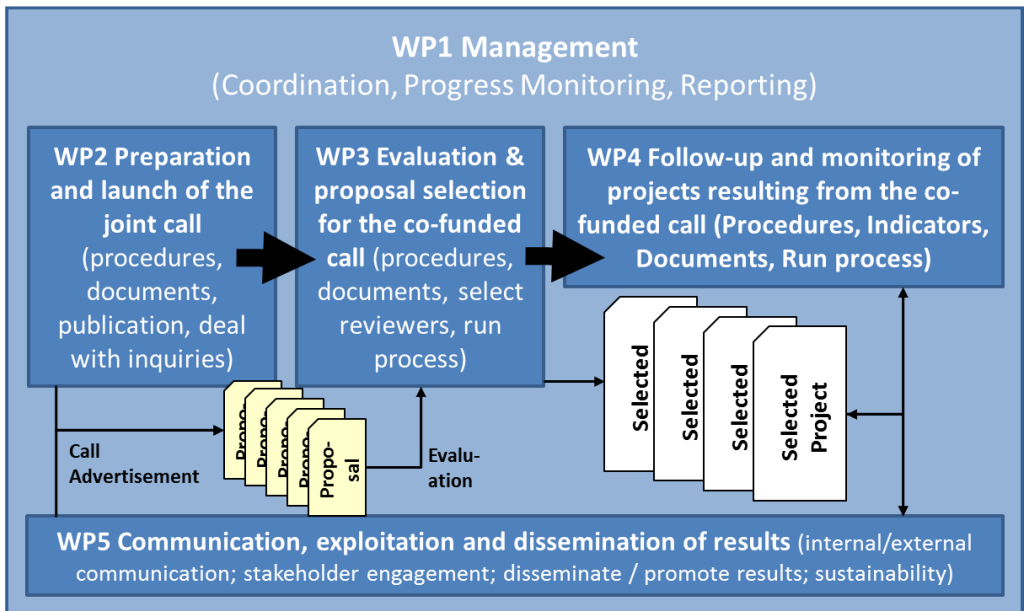
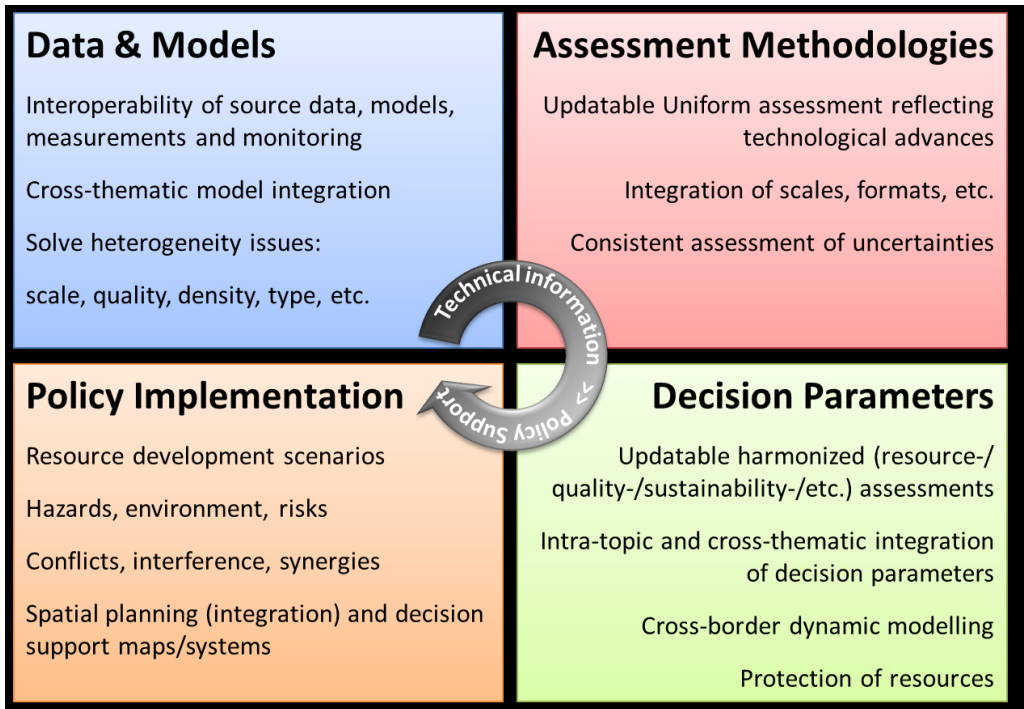
## 2-Participants and operating methods of the Consortium

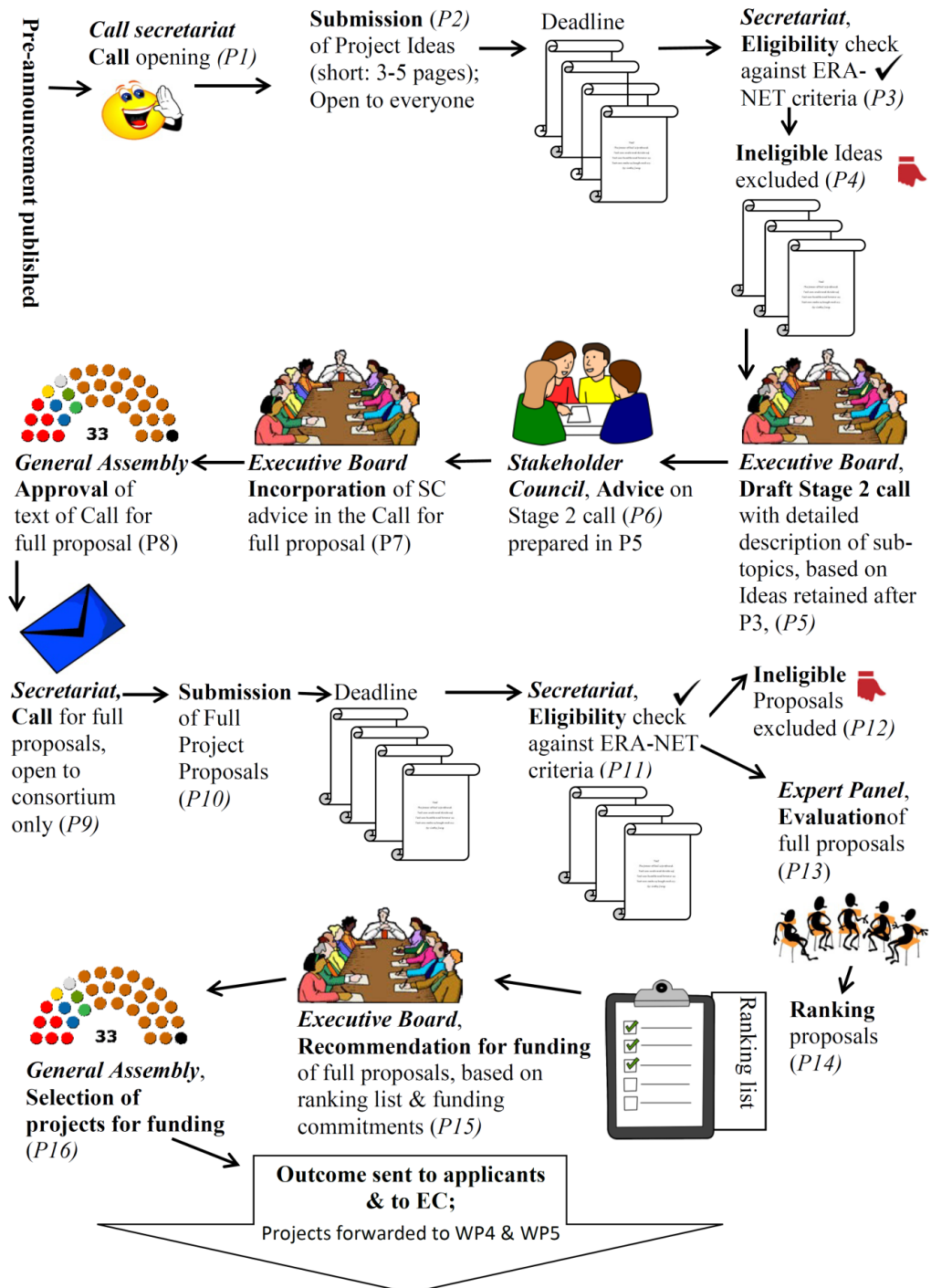
The participants in the GeoERA mega project are listed below and formed a Consortium managed by a special Committee in which all the members with voting rights were members. It should be noted that the Geological Survey of the Umbria Region was one of the few members who, with unanimous votes from the members of the consortium, had increases in resources in 2 out of 3 of the projects in which it participated.

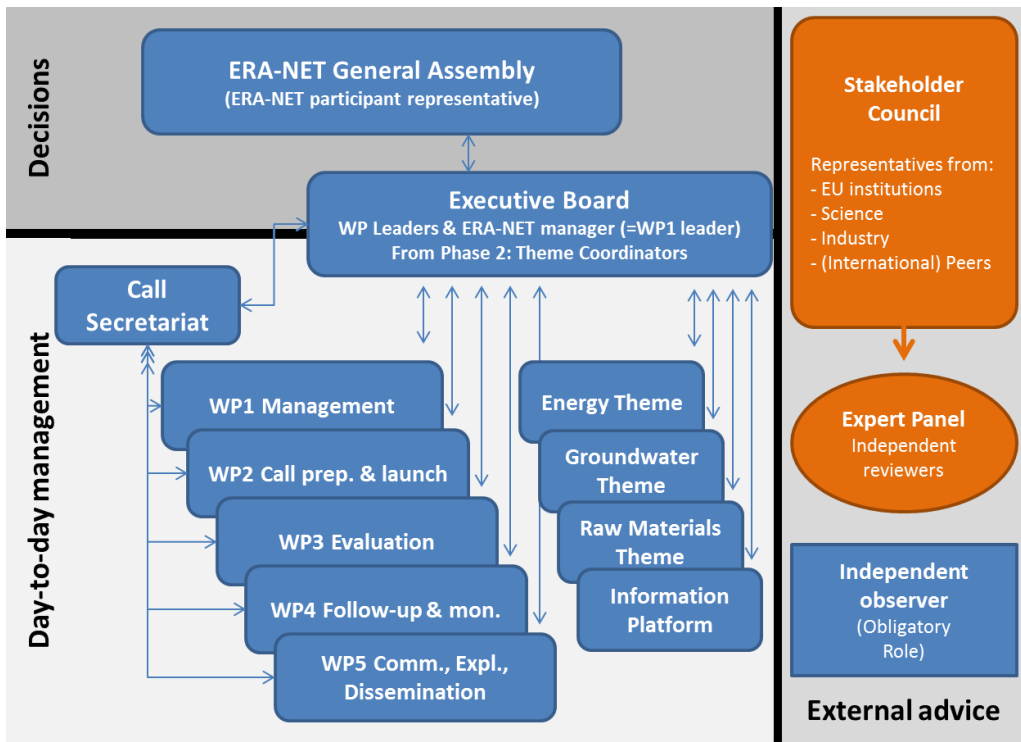
- Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO), the Netherlands [the **Coordinator**]
- Albanian Geological Survey (AGS), Albania
- Geologische Bundesanstalt (GBA), Austria
- Royal Belgian Institute of Natural Sciences – Geological Survey of Belgium (RBINS-GSB), Belgium
- Vlaams gewest – Departement Leefmilieu, Natuur en Energie - Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen (LNE-ALBON), Belgium
- Vlaamse Milieu Maatschappij - Flanders Environment Agency (VMM), Belgium
- Federalni zavod za geologiju (Geological Survey of Federation of Bosnia and Herzegovina) (FZZG), Bosnia-Herzegovina
- *Geological Survey of the Republic of Srpska (GSRS), Bosnia-Herzegovina*
- Hrvatski Geološki Institut (HGI-CGS), Croatia
- Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment of Cyprus – Geological Survey Department (GSD), Cyprus
- Ceska Geologicka Sluzba – Czech Geological Survey (CGS), Czech Republic
- Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Denmark
- *Eesti Geoloogiakeskus – Geological Survey of Estonia (EGK), Estonia*
- Geologian tutkimuskeskus (GTK), Finland
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), France
- *Geological Survey of the Republic of Macedonia, FYROM<sup>1</sup>*
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Germany
- *Regierungspräsidium Freiburg - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Germany<sup>1</sup>*
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Germany
- Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR), Germany
- *Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG), Germany<sup>1</sup>*
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG), Germany
- Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB), Germany
- Institute of Geology and Mineral Exploration (IGME-Greece), Greece

- Magyar Földtani és Geofizikai Intézet - Geological and Geophysical Institute of Hungary (MFGI), Hungary
- Islenskar orkurannsóknir - Iceland GeoSurvey (ISOR), Iceland
- Geological Survey of Ireland (GSI), Ireland
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Italy
- Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (SGSS), Italy
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte (ARPAP), Italy
- Regione Umbria – Servizio Geologico (RU), Italy
- *Kosovo Geological Service (KGS), Kosovo*
- Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre (LEGMC), Latvia
- Lietuvos Geologijos Tarnyba prie Aplinkos Ministerijos (LGT), Lithuania
- Service Géologique du Luxembourg (SGL), Luxembourg
- Ministry for Transport and Infrastructure (MTI), Malta
- The Geological Survey of Norway (NGU), Norway
- Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), Poland
- Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Portugal
- Institutul Geologic al României (IGR), Romania
- *Geological Survey of Serbia (GSS), Serbia*
- State Geological Institute of Dionyz Stur (SGIDS), Slovakia
- Geološki zavod Slovenije (GeoZS), Slovenia
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME-Spain), Spain
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), Spain
- Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), Sweden
- State Research and Development Enterprise State Information Geological Fund of Ukraine (GEOINFORM), Ukraine
- Natural Environment Research Council (NERC), United Kingdom

The general working methods of the consortium are summarized below.







### 3-Hotline Project-Results and databases

This project will identify the generic structural controls in deep carbonate formations, through a comparison of geological situations and their structural inventory, as well as collation of deep borehole data and their petro- and hydro-physical characteristics. A consistent assessment and the sharing of knowledge – bringing all partners to a common high level – will result in uniformly applicable best practice workflows for estimation, comparison and prospect-ranking of hydrothermal resources in deep carbonate bedrock.

The participants in the project are: LfU (DE), GSI (IE), TNO (NL), VLO (BE), GBA (AT), LGRB (DE), ISPRA (IT), GeoZS (SI), RER-SGSS (IT), HGI-CGS (HR), OPM (MT), ARPAP (IT), GEOINFORM (UA), CGS (CZ), RU (IT), ICGC (ES), *associate* RBINS-GSB (BE).

### Inducement and Objectives

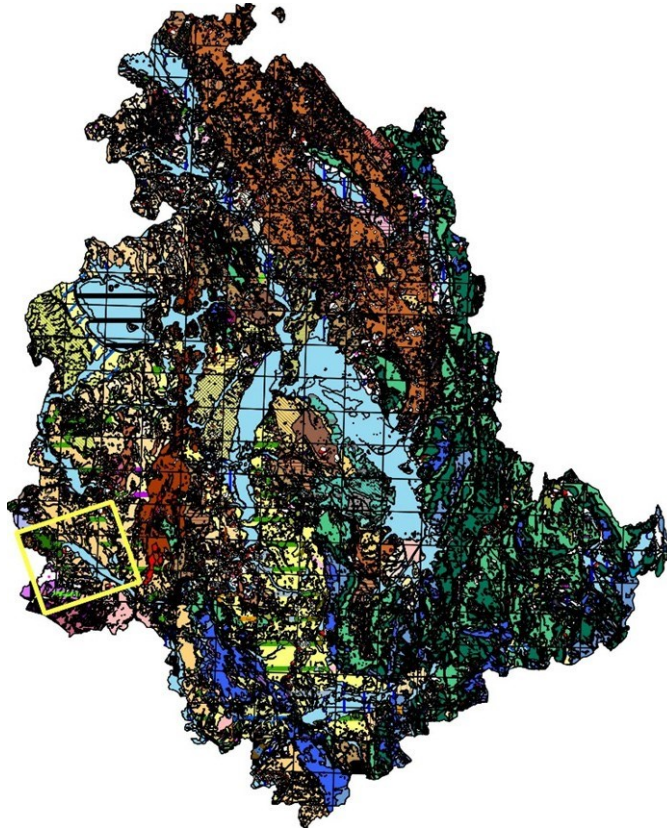
The discovery of the Torre Alfina and Castelvisecardo geothermal field during the research carried out by ENEL in the late 1970s-1980s to define the structural setting of the potential reservoir the possible temperatures at the top of it. To date, 10 wells have been drilled, 5 of which have excellent permeability characteristics and high 3 that are initially permeable but unusable and 2 are dry. The majority of them are deep between 600/800 m and 2368m. The well Alfina 15 has reached the depth of 4826m. The well reports include water composition, temperature, velocity and resistivity. The ITWLKW Geotermia Italia



S.p.A. is, to date, the only company in Italy to receive the authorization for the exploitation of geothermal resources of medium-high entalpy (about 150°) for electricity generation, and this is why we have decided to consider this work in HotLime Project.

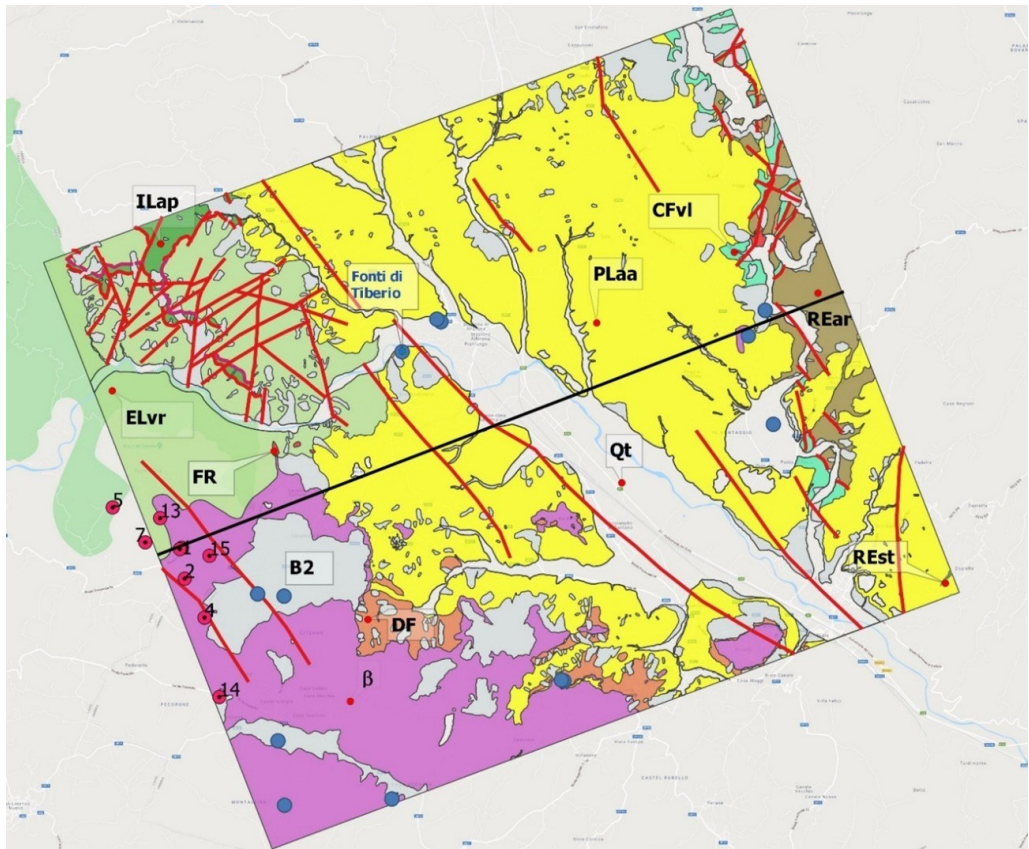
### **Study area and geological setting**

Pilot area is located in the in central Italy (see figure 4.10.1), inside Umbria Region territory, covering 240 km<sup>2</sup> and partly contained in northern Lazio.



**Figure 1: Overview of the case study area and Umbria Region.**

The area, showed in the geological map of figure 4.10.2, is divided in two parts: the first, in the northern and eastern parts, is occupied by sedimentary soils from Quaternary continental deposits, miocene-pleistocene succession and by the Tuscan Domain; the second part, in the south-west of the area includes quaternary magmatic products of the volcanic apparatus of Torre Alfina and Vulsini Mountains and the Ligurian Domain.



**Figure 2: Geologic Map of the case study area with deep geothermal wells, and springs location.**

In outcrop we can find the Quaternary continental and coastal deposits (Qt), indicated with light grey color on the map, of Holocene age: they are formed by alluvial plain, deltaic and littoral deposits, that are sands, gravels and muds. The Ligurian Domain consists of sedimentary successions that represent the remnants of the Piemont-Ligurian ocean. It is divided in two parts: the Internal and the External Ligurian Domain. The Internal is represented by successions deposited in the Piemont-Ligurian oceanic basin, now dismembered and outcropping in different tectonic units. In our area we find in outcrop marlstones and limestones (ILap Calpionella Limestones and Palombini Shales), indicated in dark green color on the map, that derive from distal carbonate and mixed silicoclastic-carbonate turbidites and pelagites that grades upward in a thick turbiditic succession of mainly silicoclastic composition. The whole succession is mainly early Cretaceous in age.

The External succession (ELvr), indicated in light green on the map, is represented by different successions at the base of which is represented by thick varicolored shales alternating with siltstones, siliceous limestones, calcareous marls and carbonate sandstones.

The Tuscan Domain is represented by Rentella Unit that outcrops in the south-eastern part of the area of interest.

It is a succession with characters intermediate stratigraphy between the Tuscan Succession and the Umbrian-Marche succession. Tectonically the Rentella Unit is interposed between the Tuscan units and the underlying Umbrian units. The basal part of this sequence (REst), indicated in yellow color on the map, is represented by varicolored marl, marly limestone and siltstone of Rupelian-Aquitanian age.

Above follow sandstones, turbiditic marls and siltite marls with age-rich silica levels Aquitaniano- Burdigaliano, (REar), indicated in dark brown on the map; the presence of lithic fragments rich in clasts of sedimentary origin allows to differentiate this succession from the adjacent turbidite silicoclastic sequences of Tuscan Domain.

In the same period in which the basal part of the Rentella unit was formed, we can find in outcrop the Marne of Civago and the Marne of Villore (CFvl), indicated in dark yellow on the map, that are variegated marl and clayey marl, of variable color from light gray to greenish, sometimes reddish that testify to sedimentation pelagic and hemipelagic that precedes the establishment of forefossa with turbiditic sedimentation.

Tuscan Scaglia (CFvl) is made up of polychrome schists of the Tuscan series: silt of argillite rich in manganese red-brown and gray-green with rare calcareous layers (Cretaceo-Miocene inf.).

The Pliocene-Pleistocene Marine Deposits are part of the Miocene-Pleistocene succession of the Tyrrhenian margin and Inner basins; they are composed and strongly heterogeneous, mainly clastic and with very subordinate carbonates and evaporites, linked with the post-orogenic depositional phases that took place the Northern Apennines back-arc, since the Middle-Late Miocene.

The Pliocene I Unit marine deposits (PLaa), indicated in dark yellow color on the map, extend both west and east of the Middle Tuscan Ridge, mainly formed by fossiliferous clays, silt and sand interbeds of outer shelf environment.

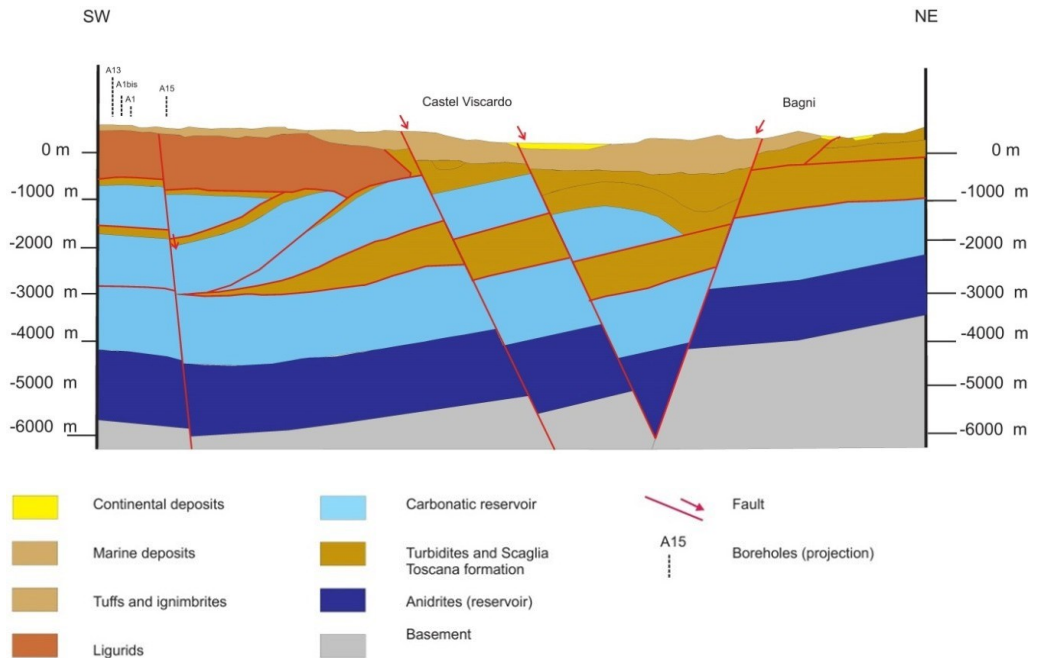
Volcanic Deposits: after the compressive tectonic phases which led to the implementation of the various units tectonic an important magmatic activity is imposed in the Tyrrhenian margin of the northern Apennines, contemporary to the extensional tectonic phases that characterize this area during the Neogene. This magmatic activity originates effusive magmatic rocks and pyroclastic ( $\beta$ ) indicated on the map in pink color.

These paleogeographic domains include the lithostratigraphic units with references to the main tectonic units. In the area of interest we can find four different tectonic units, which were stacked during the Miocene compression phase. Proceeding from the highest and originally most western, they are: the Ligurian Units, the Tuscan Units, the Tuscan-Umbrian Units and the Umbrian-Marche Units.

Figure 6 shows two types of main faults in red: inverse faults linked to the miocene, low-angle and vergence NW-SE compression tectonics which testify to the overthrusting of the Tuscan Dominion units on the Scaglia Tuscan formation and of the Tuscan carbonate sequence which, in turn it is overridden on the Rentella Unit which has set itself on the Umbrian-Marche calcareous series in the same way. All this sedimentary complex determined at the end of the Miocene, was subsequently dismembered by the plio- Pleistocene distension tectonics through faults directed at high angle with vergence towards NE or towards SE.

## Geological framework of the main carbonate reservoir

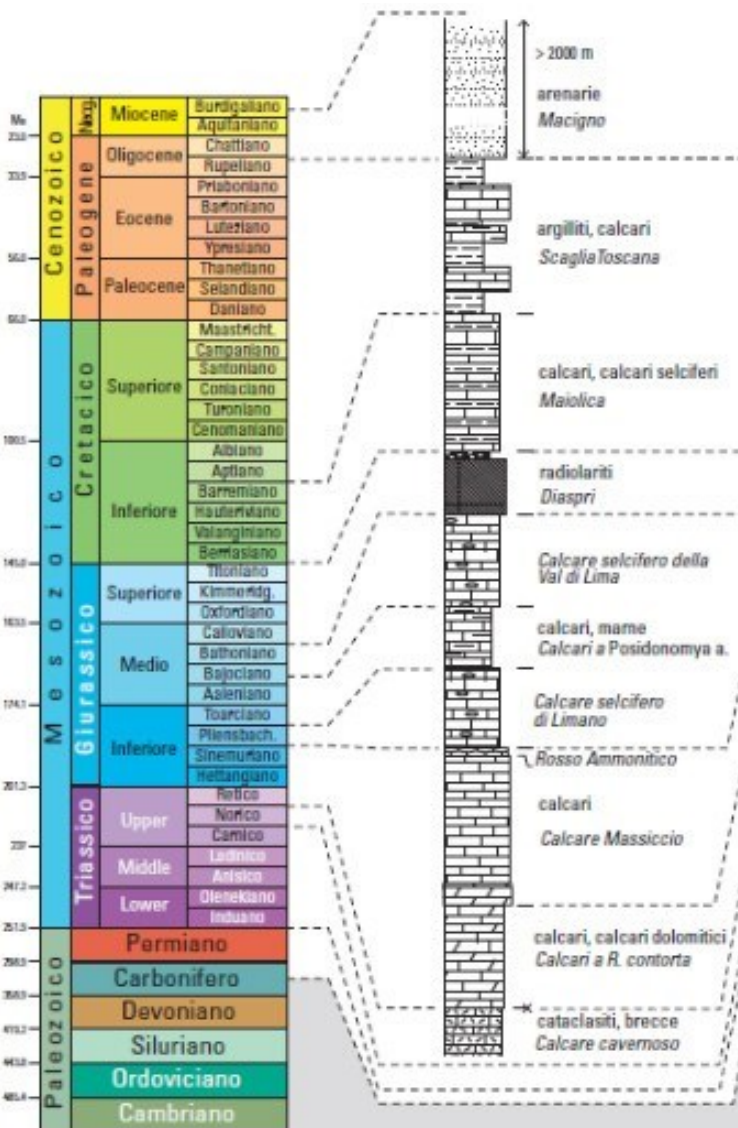
In the section of figure 3 geothermal cross-section with the light blue color the two main carbonate present on our site are indicated.



**Figure 3: Geothermal cross-section.**

The tectonic history of the area tells us that, during the miocenic compression phase, the carbonatic succession and the Tuscan scale that covered it, overlapped the Umbrian carbonatic sequence including the Rentella Unit to the top, characterized by varicolored marl and marly limestone. In this way two carbonate tanks overlapped and limited to the top by the waterproof units of the Scaglia Toscana and the Unit of Rentella were created.

The most superficial carbonate reservoir consists of the Tuscan limestone sequence that has an age between the Trias and the lower Miocene; the stratigraphy of the Tuscan sequence (see figure 4.10.4) testifies to a carbonate sedimentation of a continental shelf from the Noricum to the Lower Jurassic (Hettangian). Starting from the Sinemurian, a relaxing tectonics linked to the opening of the central Atlantic, leads to the fragmentation and drowning of the carbonate platform and to the establishment of a pelagic sedimentation below the CCD that persists throughout the Jurassic and up to the Paleogene. The sedimentation is interrupted in the lower Miocene (Aquitainian) due to the overthrusting and placement of the Ligurian Units above the Tuscan aquifer.



**Figure 4: Stratigraphy of the Tuscan Succession.**

The basis of the succession ("Calcare cavernoso" - Norico) consists of an alternation of dolomites and anhydrites which represent the deposition in a carbonate platform environment with evaporitic episodes. Towards the top we pass to calcareous and calcareous marl deposits well stratified with the typical dark gray and blackish color (Calcari a *Rhaetavicula contorta*). Follow the carbonate platform deposits of the massive limestone. The succession continues with hemipelagic and condensed deposits of the Rosso Ammonitico represented by marly limestone of reddish color to which marl and argillite are intercalated. There are also limestones with flint and slumping nodules, witnesses of a syndepositional tectonic activity. Towards the top there is a thick basin succession with turbiditic carbonatic sedimentation (Limano's limestone) and again a pelagic formation (Posydonia alpina limestones and marls) with



marl and marly limestone. Deep sedimentation below the carbonate compensation limit (CCD) continues with the deposition of the Diaspri, the Rosso a Aptici and the Maiolica, of a predominantly calcarenitic nature. In total, the thickness of the carbonate reservoir relative to the Tuscan aquifer is about 2000m in the south-western area, ie where there is a doubling of the water table by the compressive tectonics. Moving towards the northeast, the total thickness of the reservoir is halved and reaches 1000m of power. The second important reservoir is contained within the Umbrian-Marche carbonatic series which is intercepted starting from about 2900m of depth in the south-western area and at about 1000m of depth in the north-eastern area. The Umbrian carbonatic series of the Marche region (see figure 5) begins with the rocks of the pre- Triassic age that never outcrop in this part of the Apennines, but have only been found through deep surveys, and are made up of Permian sandstones and phyllites.

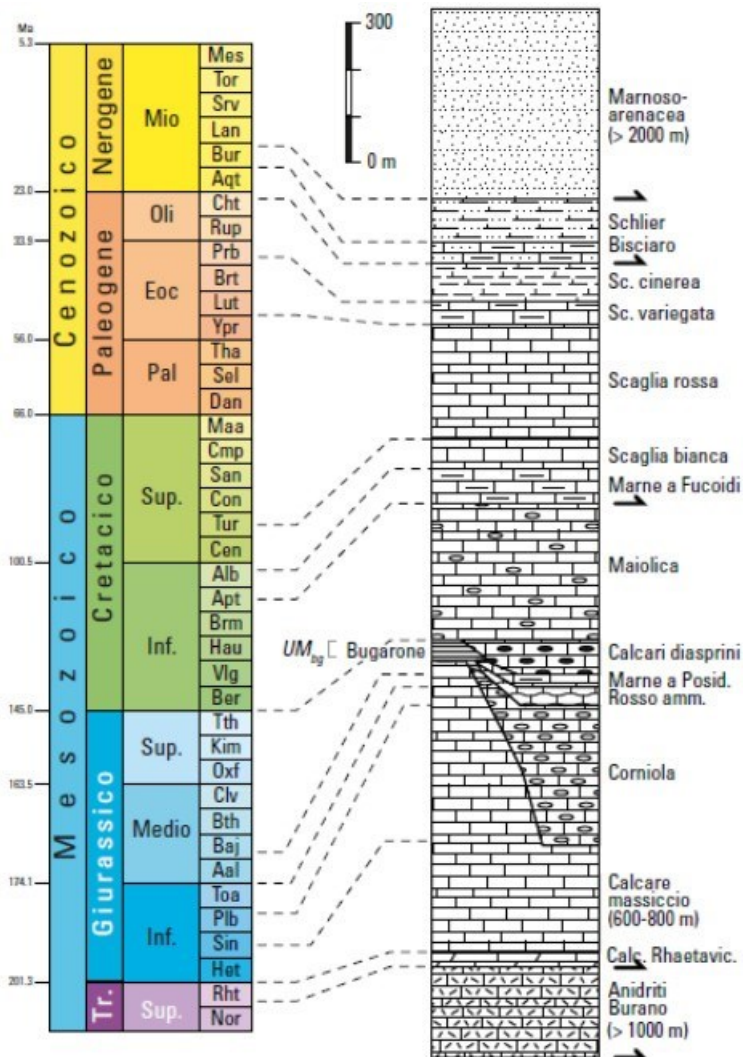
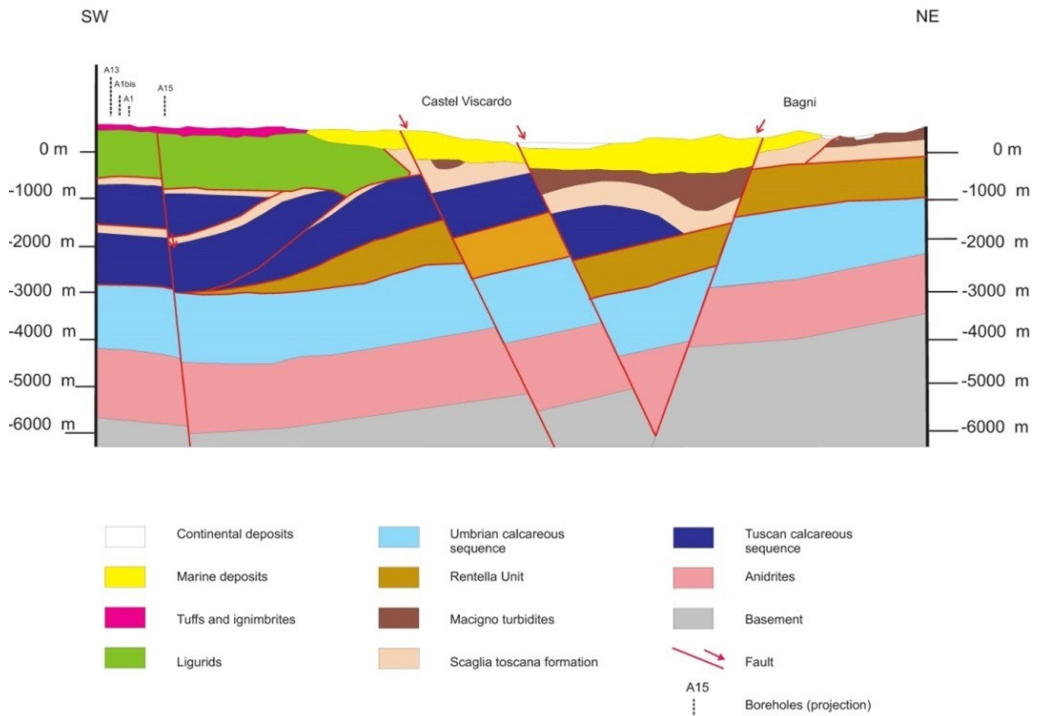


Figure 5: Stratigraphy of the succession of the Umbria-Marche Domain.

The Triassic is represented by an alternation of anhydrites, dolomites and calcareous dolomites; the action of exogenous agents on the Anhydrites of Burano, according to many authors, would have caused the dissolution of the sulphates and the de-dolomitization of the carbonates, producing the characteristic cellular structure of the "Calcare Cavernoso". These characteristics, which are accompanied by intense tectonic deformations, have determined, in this Unit, a good mixed permeability for porosity and fracturing. The thickness of the Anhydrites of Burano is very variable from a few hundred meters up to a maximum of about 2500m, for reasons of a tectonic nature. This evaporitic succession passes upwards to an alternation of black limestone and marl (Calcari and Marne a Rhaetavicula Contorta), while starting from the lower Jurassic a carbonate platform develops in which the Massive Limestone is formed. Above these the sedimentation continues with the deposition of micritic limestones of pelagic environment (Corniola) and upwards we pass to limestones, marly limestone and marl (Rosso Ammonitico and Marne a Posidonia) followed by sedimentation of an even deeper environment represented by micritic limestone, limestone and calcarenite (limestone diasprigni). The deposition of the Majolica testifies to the end of the extensional events that have affected the carbonate platform during the Jurassic and establishes homogeneous sedimentation conditions on a regional scale throughout the domain. With the deposition of the Marne a Fucoidi it passes into the Umbrian-Marche domain, from a mainly calcareous-siliceous sedimentation to a marly-calcareous and marly-clayey sedimentation. Pelagic sedimentation continues with the deposition of micritic limestones and limestone with flint (Scaglia Bianca, Scaglia Rossa and Scaglia Variegata). In the area of our interest, above the Umbrian-Marche carbonate succession, the Rentella Succession was formed which has intermediate stratigraphic characters between the Tuscan succession and the Umbrian-Marche succession; these are sandstones, turbiditic marls and siltite marls with levels rich in silica that represent the waterproof top of the Umbria-Marche carbonate reservoir.

The thickness of the carbonate reservoir relative to the Umbrian-Marche series is about 1500 m, as shown in figure 3 (geothermal section) and figure 6 (geological section) although, in our opinion, given the already described characteristics of permeability of the Formation of the Anhydrites of Burano, they too can be considered a possible reservoir of geothermal energy.



**Figure 6: Geological cross-section.**

### Description of overlying succession

The carbonate reservoir relative to the Tuscan aquifer is limited to the top, as already mentioned, by the Scaglia Toscana Formation which was formed in a wide sea basin from the lower Cretaceous (Aptian) to the upper Oligocene and consists of a thick succession of argillites, siliceous shales and reddish marls with intercalated calcilutites and turbiditic calcarenites for a total thickness of about 500m. Starting from the upper Oligocene, the Tuscan domain represents the foredeep basin of the Apennine range, with the sedimentation of the Macigno Formation, consisting of a thick succession of turbidite and siltite sandstones (> 200m).

In correspondence with the westernmost part of our study area, the Tuscan carbonatic succession is covered instead by sediments belonging to the Ligurian Dominion which, during the Miocene compressive tectonic phase, overlapped the Tuscan carbonatic series. It consists of sedimentary successions that represent the remnants of the Piedmont-Ligurian ocean. It is divided into two parts: the Internal and the External Ligurian Domain. The Internal is represented by successions deposited in the Piedmontese-Ligurian oceanic basin, now dismembered and outcropping in different tectonic units.

In our area we find in outcrop marlstones and limestones (ILap Calpionella Limestones and Palombini Shales) that derives from distal carbonate and mixed silicoclastic-carbonate turbidites and pelagites that grades upward in a thick turbiditic succession of mainly silicoclastic composition.

After the Miocenic compressive tectonic phases, an important magmatic activity is established in the Tyrrhenian margin of the northern Apennines, simultaneously with the extensional tectonic phases that characterize this area during the Neogene. In the westernmost part of our area of interest, volcanic rocks deriving from lava with mainly mafic chemistry and pyroclastic rocks cover the sediments of the Ligurian Dominion.

Further east and with heteropic contact the volcanic rocks are replaced by marine deposits

As is evident from figure 6 the average thickness of the waterproof sediments covering the carbonate reservoir of the Tuscan series is approximately 800m. The carbonate reservoir of the Umbrian-Marche series closes at the top with the sediments of the Rentella Unit: it is a succession with intermediate stratigraphic characters between the succession Toscana and the Umbrian-Marche succession. Tectonically it is interposed between the Tuscan units and the underlying Umbrian units. The basal part of this succession is represented by varicolored marl, marly limestone and siltstone of Rupelian-Aquitainian age that testify a progressive lowering of the sea level.

Above they follow sandstones, turbiditic marl and siltite marls with silica-rich levels of Aquitanian- Burdigalian age. The thickness of the Rentella Unit is around 1000m.

### **3D geological modelling**

For our case study we have preliminary considered the Gravity Map of Italy (see in bibl. ISPRA) and the Heat Flow Map (see in bibl. Regione Umbria 2014) as a valuable tool for identifying the generic geological conditions and the distribution of potential resources.

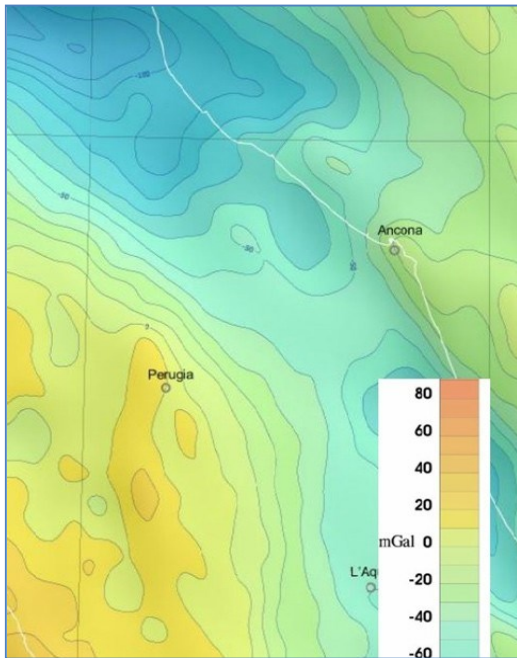
#### **Input data sets**

There is a great variety of available input datasets: a specific study on the geothermal potential financed by Regione Umbria (Studio delle potenzialità geotermiche del territorio regionale umbro [2012]), the geological maps realized by regional geological surveys, gravimetric information, deep wells logs together with a catalogue of the main thermal springs and all previous scientific literature. The G.I.S. version of the Regione Umbria Geological Map at 1:10.000 scale consists of a subset of 6 different layers including geology, geomorphology and faults information.

We also considered the Geologic Database of Regione Toscana and the Geological map of Regione Lazio for the re-interpretation of the case study western border.

Gravimetric data are synthesised in the 1:250.000 national gravimetric map by ISPRA (2005).

Other Regional vector topography maps (see in bibl., Regione Umbria Umbriageo) and a (20x20m) DEM terrain model are available (see in bibl., ISPRA) as basic input datasets used for GIS analysis.



**Figure 7: Screenshot from the National gravimetric map of Italy and case study area (see in bibl. ISPRA).**

### **Hydrogeological and Thermo-physical parameters**

The wells drilled by ENEL are distributed in a small area near Castelgiorgio; farther east, in close proximity to Monte Rubiaglio, some small depth surveys were carried out privately. As is evident from Figure 4.10.2, the Fonti di Tiberio are very close and, through chemical analyzes, it has been shown that its waters have similar characteristics to those of the wells of our study.

The samples of spring waters and gases were collected according to the methods used in the geothermal exploration of the 1970s. In particular, the emergency water temperature, that of the environment, the pH with an indicator map and the flow rate were determined. The water collected from the wells was taken by the Kuster sampler.

The analytical techniques adopted in the water laboratory are respectively the following: potentiometric pH;

Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	for atomic absorption;
Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup>	volumetrically with EDTA or atomic absorption; Total
Fe	by atomic absorption;
Cl <sup>-</sup>	volumetrically according to Mohr;
SO <sup>- 4</sup>	by gravimetric method;
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	by volume after NH <sub>3</sub> development after performing
the Nessler test; Total B	by alkaline or colorimetric route;
SiO <sub>2</sub>	by atomic absorption or colorimetry;
Total H <sub>2</sub> S	by iodimetric route;
HCO <sup>- 3</sup>	via alkaline and calculus.



n° camp.	data camp.	T° C	pH	N a+ mg /l	K+ mg /l	Ca 2+ mg /l	M g <sup>2+</sup> mg /l	Fe <sub>t</sub> ot mg /l	N H <sub>4</sub> + mg /l	Cl - mg /l	HCO <sub>3</sub> mg/l	HSO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> mg/l	B <sub>tot</sub> mg/l	SiO <sub>2</sub> <sub>tot</sub> mg/l
PP1 A1bis	09/09/74	10 2	7. 20	202 0	144	158	20. 0	n.d.	20. 7	248 0	1280	439	22.7	439
PP22) A1bis	29/11/74	11 6	7. 70	197 0	171	137	20. 0	n.d.	38. 7	211 0	1800	374	32.2	101
PP33) A1bis	29/11/74	11 7	7. 70	194 0	171	131	14. 0	n.d.	43. 4	210 0	1670	426	38.5	128
PP4 A4	01/09/74	11 9	8. 70	180 0	200 0	10	11. 0	n.d.	25. 0	263 0	59	405	28.7	176
PP5 A4	03/09/74	11 9	8. 60	203 0	225	8	12. 0	n.d.	9.5	295 0	87	427	30.5	204
PP6 4) A4	03/09/74	11 9	8. 40	200 0	205	22	12. 0	n.d.	19. 0	266 0	550	419	28.4	190
PP7 A7	04/02/74	90	7. 30	216 0	117	147	14. 0	0.8 7	21. 4	246 0	n.d.	543	21.7	96
PP8 5) A7	11/02/76	90	7. 35	230 0	144	139	19. 0	0.5 2	18. 6	264 0	2110	70	22.7	103
PP9 5) A7	16/02/76	90	7. 30	233 0	153	134	16. 0	0.4 2	12. 0	266 0	2090	79	23.4	106
PP10 A7	05/07/75	80	6. 90	225 0	165	148	20. 0	1.4 0	19. 2	270 0	1440	511	25.0	117
PP11 A7	07/07/75	81	7. 40	225 0	149	71	24. 0	0.2 0	19. 0	261 0	1320	505	24.8	117

**Table 2: Chemical composition of the waters of geothermal wells**

The water chemistry of the PS1 sample of Monte Rubiaglio (Fonti di Tiberio) is of the sodium chloride type and all the waters of the ENEL wells cluster in the area of interest the Piper diagram with chlorinated- sodium chemistry. This homogeneity of the chemical composition of the water is an indication of the continuity of the geothermal reservoir in which there would be a practically non-differentiated fluid from one area to another.

### **Modelling workflow**

Reconstruction of the 3D geological setting of the area started principally from the scientific publication *Studio del Potenziale Geotermico della Regione Umbria* which contains also useful information about the complex geological history of the area. Tectonic overview and structural trends were evaluated through interpreted cross sections, fault distribution and pre-existing seismic reflection profiles throughout central Italy and Umbria territory. Using these data and information we produced a set of brand new geological, geothematic maps and sections through the study area.

The tectonic framework and structural trends were assessed overall through the interpretation of cross sections, the distribution of faults and pre-existing seismic reflection profiles throughout central Italy and Umbria. Using this data and information, a series of new maps and geological and geothematic sections were created in the study area. The creation of the final vector geological map of the study area was carried out through GIS analyzes on pre-existing geological databases.

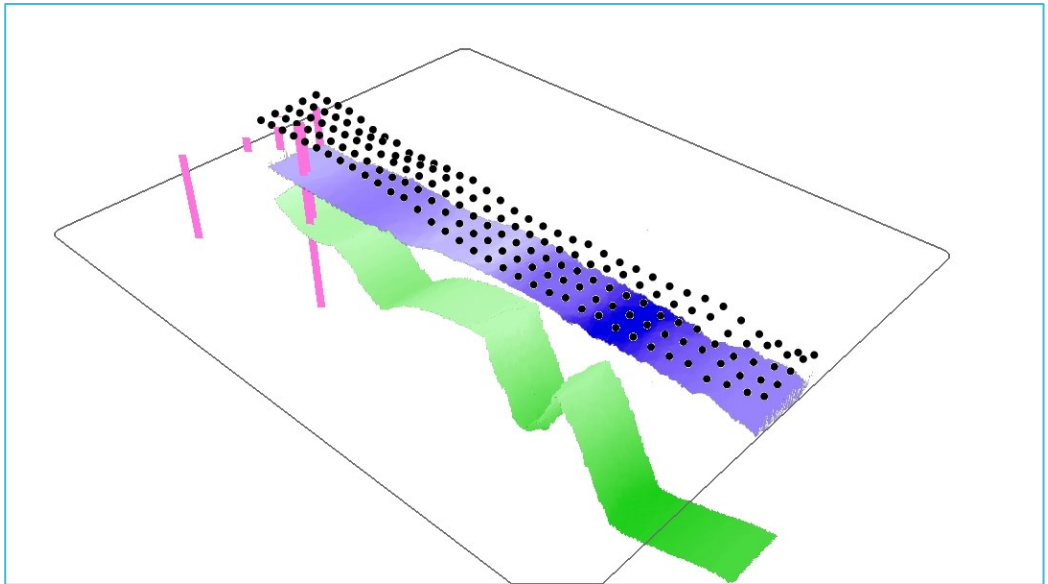
In the elaboration of the 3D analytical modeling, extending the information to from surface to the underground, we considered the reports of the 9 deep geothermal wells drilled during the exploration of the end of the 70's by ENEL. The reports of the boreholes show stratigraphy data, water composition, temperature variation, speed and resistivity measured at depths vary from 500m to 4800m below sea level.

The significant geological section was plotted at the most relevant data density, where the depth and strength of the rock layers that make up the reservoir obtained from the modeling are shown as a result of both the interpretation of the available geological information and the reports of well data.

Using the ESRI ArcGIS 3D Analyst application, the raster map of the upper part of the reservoir was created on a transept arranged in the SW-NE direction divided into grids of 500m x 500m wide, along the direction of the geological profile: the values depths of the upper part of the reservoir are obtained from the interpretation of the data of the wells.

The same method was applied for the map of the thickness of the reservoir.

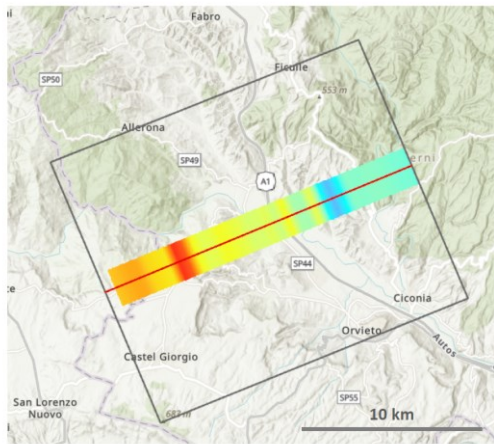
The following figure shows the result of the 3D geological modeling; along the transept we can distinguish the 3D pattern of the surface of the Top (in blue) and Bottom (green) of the reservoir, the points in black represent the 500 x 500 m grid, and finally in pink the projection into the subsoil of the geothermal wells.



**Figure 8: 3D geological model of the top (in blue colour) and the bottom (green) of the reservoir along the transept, in purple the deep wells drilled by Enel.**

According to the geological section interpreted in Fig. 6, the geological model of the underground shows in the SW portion of the section the Tuscan aquifer superimposed on the Umbria Marche succession.

In our reconstruction there are two different geothermal deposits: the first is located within the Tuscan carbonates and the second within the Umbrian-Marche carbonates and evaporites, both considered tectonically fractured and confined between low permeability units such as the Scaglia Toscana Formation, the Rentella or the Ligurian Unit.

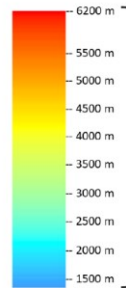


### HotLine Case Study 10

Triassic carbonates of Tuscan, Umbria and Marche nappes in the Umbria Trough



- Thickness of reservoir
- Cross-section line



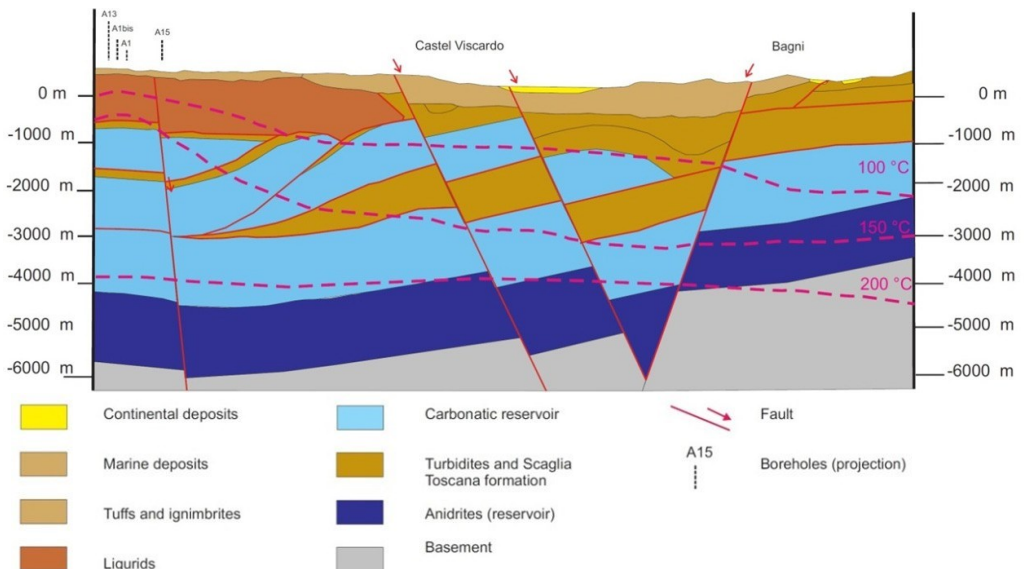
Cumulative thickness of the stacked thrust nappes' carbonate geothermal reservoirs (as one of the crucial parameters for Heat-in-Place assessment, cf. [Factsheet Heat-in-Place](#))

Cross-section line → [click the line to see the thickness variations and stack of thrust nappes](#)

**Figure 9**

### 3D Temperature model

The modeling of the temperature in the tank was carried out along the same transect investigated for the 3D geological modeling in which the most relevant input data and reliable information were available, applying the geostatistical GIS analysis to a series of square grids of 500 x 500m, providing the temperature value of the tank for each vertex of the grid considered.

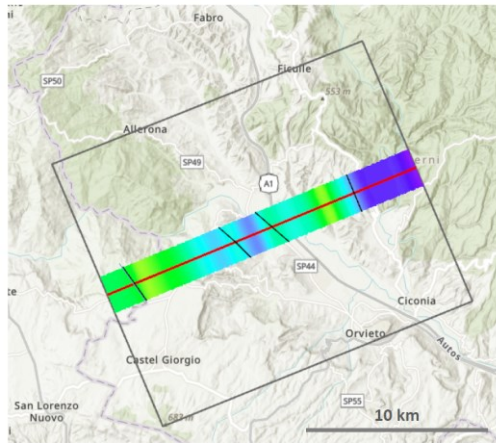


**Figure 10: Cross section reservoir with isotherms (T in °C).**

The estimate of the temperature values attributed to each of the vertices of the grid was carried out both through the interpretation of the deep temperatures of the boreholes (BHT) and from the information relating to the thermal springs and wells present in the study area.

In order to evaluate the temperature trend inside the tank at various depths, the data relating to the hydraulic conductivity of the tank due to fracturing were considered useful, where available and significant.

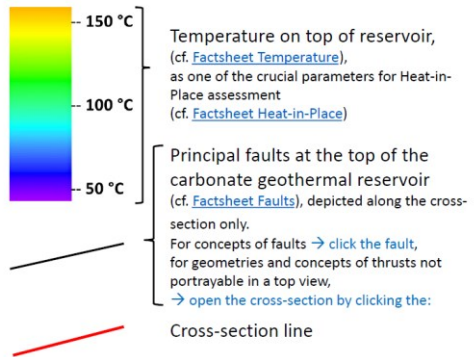
The map of the temperature distribution at the roof of the tank was created through a GIS geostatistical analysis by applying the 'ordinary Kriging' method on the temperatures assigned to the vertices of each grid.



**HotLime Case Study 10**  
Triassic carbonates of Tuscan, Umbria and Marche nappes in the Umbria Trough



- Temperature on top of reservoir
- Fault traces on top of reservoir
- Cross-section line



**Assessment of maximum geothermal energy extractable from the reservoir with Heat in Place Method**

The assessment of the maximum geothermal energy extractable from the geothermal reservoir (Heat in Place or HIP) was carried out with the volumetric method of Muffler and Cataldi (1978) which represents the globally most used system and one of the fundamental steps in knowing the geothermal potential of the reservoir, as also mentioned in the Hotlime\_factsheet\_heat-in-place document.

This method calculates the heat in energy per unit area (usually in GJ / m<sup>2</sup>), which is present in a geothermal aquifer, compared to an arbitrary cooling temperature which is usually set to the surface or ambient temperature. The method requires estimates of the depth and thickness of the reservoir, the temperature and rock properties of the reservoir, the specific heat, density, porosity and specific heat and density of the water. The thermal energy Q<sub>total</sub> stored in a homogeneous volume of rock is expressed by the equation:

$$Q_{total} = [(1-\phi)C_{pr} \rho_r + \phi C_{pw} \rho_w] * h * (T_r - T_{ref})$$

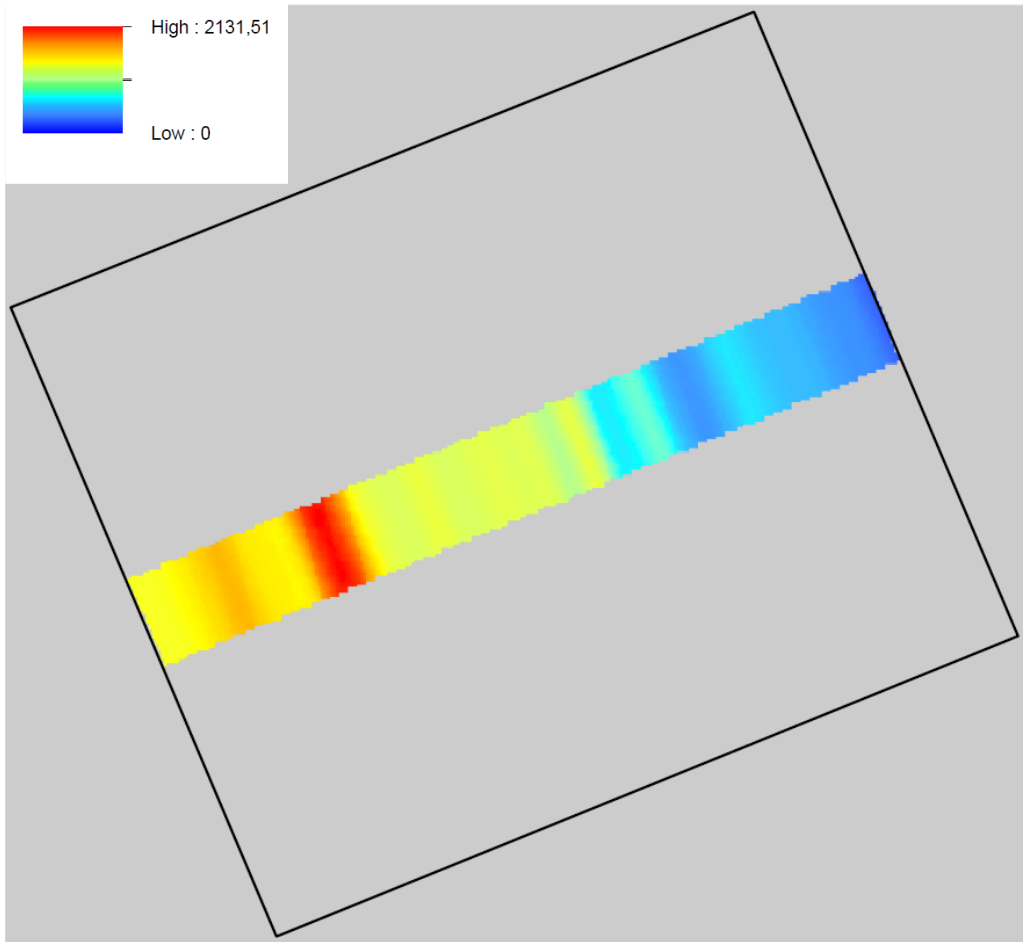


The following table explains the parameters of the previous equation and the values assumed in the calculation.

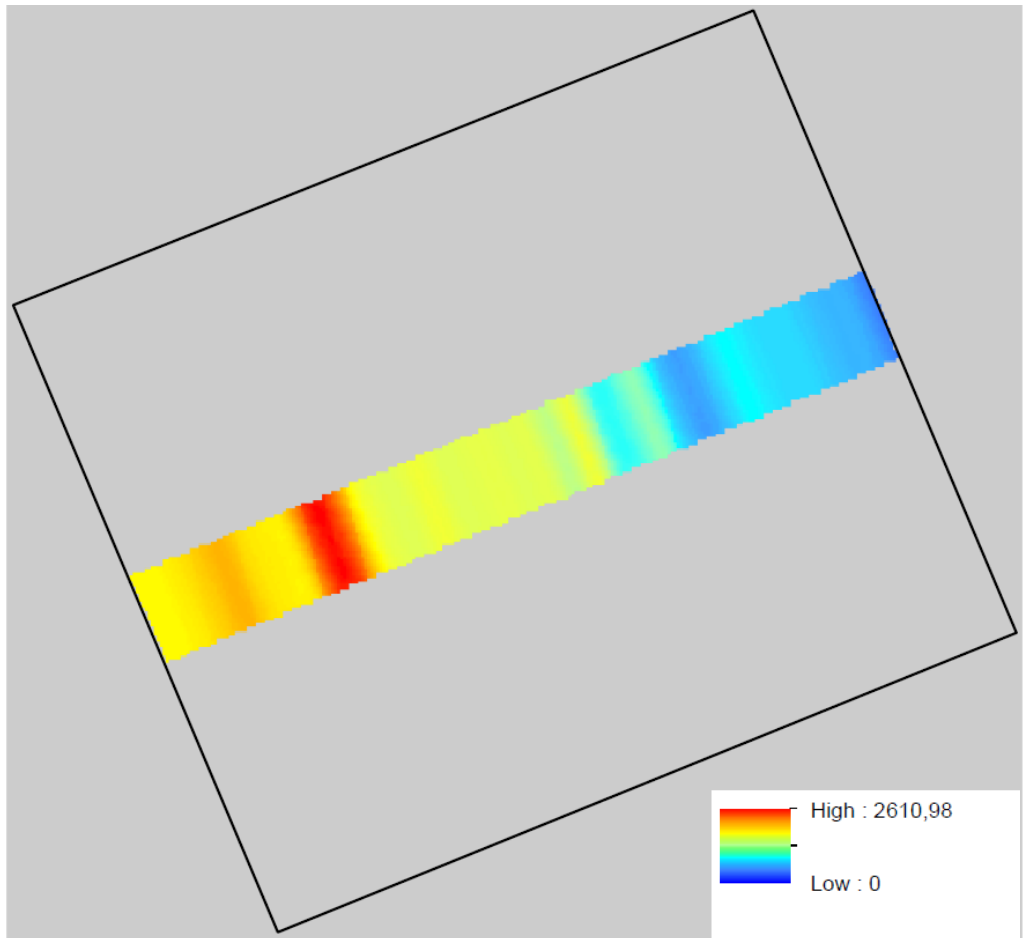
	description	unit	value
$Q_{total}$	energy content for a column of reservoir rock	J / m <sup>2</sup>	
$\phi$	bulk porosity	fraction	0.05
$c_{pr}$	specific heat capacity for the carbonate reservoir rock (matrix)	J / kg.K	860
$c_{pw}$	specific heat capacity (water) for the pore fluid (brine)	J/ kg.K	3800
$\rho_r$	rock matrix density of carbonate rock	kg/m <sup>3</sup>	2700
$\rho_w$	density of low TDS water at about 100°C	kg/m <sup>3</sup>	1040
$h$	reservoir thickness	m	-
$T_r$	average reservoir temperature	°C	-
$T_{ref\ 18}$	reference (re-injection) temperature *)	°C	18
$T_{ref\ 50}$	reference (re injection) temperature **)	°C	50
*)	ambient + 10°C, adopted from Limberger et al. (2018) for the worldwide comparison		
**)	average re-injection T after power generation and/or heat production		

Once all the information available from the geological and geothermal modeling carried out has been evaluated, with the assumption of reinjection temperatures ( $T_{ref}$ ) of 18°C and 50°C expressed in GJ/m<sup>2</sup> relative to cells of dimensions 500m X 500 m X thickness of the geothermal carbonate reservoir, it was therefore possible to proceed with the calculation of HIP.

The results are shown in Fig. 12 and 13 where the maximum values of HIP with  $T_{ref} = 18^\circ\text{C}$  reached a maximum value of about 2610 GJ/m<sup>2</sup> in the central part of the transept, while for  $T_{ref} = 50^\circ\text{C}$  the maximum value of about 2131 GJ/m<sup>2</sup>.

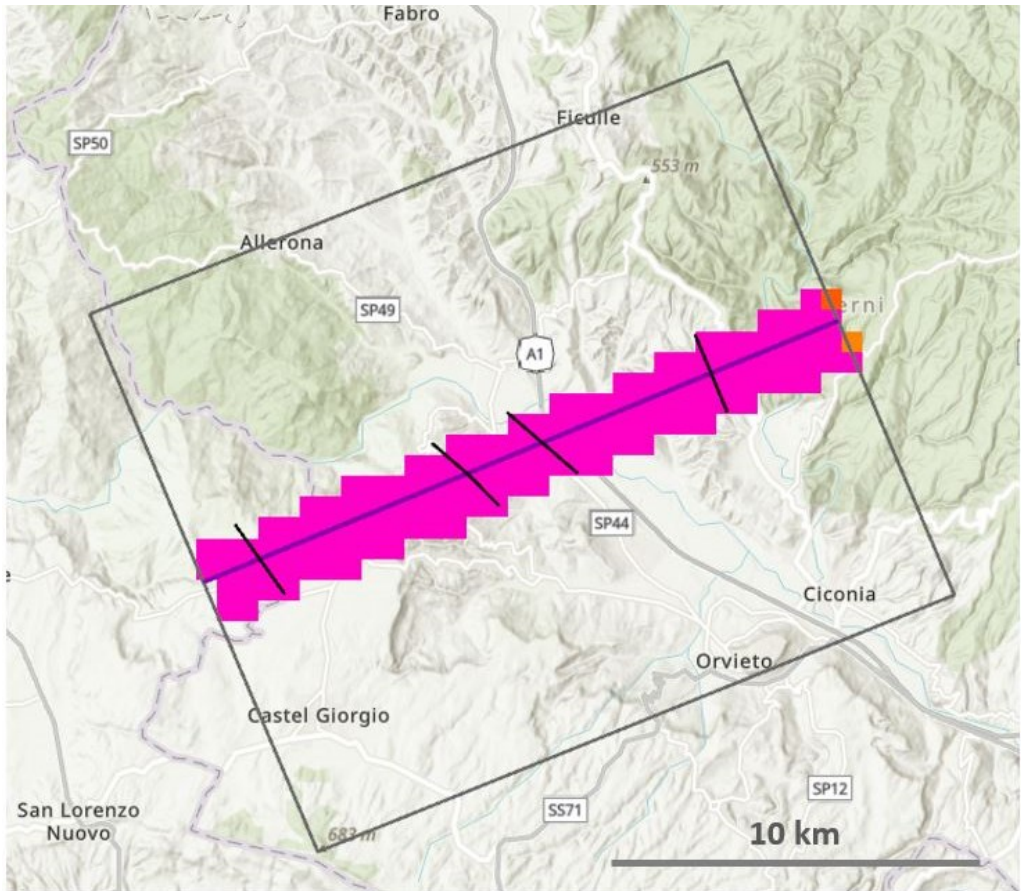


**Figure 12: Heat in Place per Tref 50 °C in grey no data area, black the area outline.**



**Figure 13: Heat in Place for Tref = 18°C**

In figure 14 the distribution of Heat in Place by applying an 18 ° C Tref with a standardized color scale to match the map display with the other European partners.



Distribution of Heat-in-Place applied for  $T_{ref} 18^{\circ}C$  (cf. [Factsheet Heat-in-Place](#))

Unlike described in Chapter 2.12 of [Report 3.1](#), assessed for the entire stack of nappes, based on the temperature distribution along the cross-section (see Figure 49 in [Report 3.1](#)).



Principal faults at the top of the carbonate geothermal reservoir (cf. [Factsheet Faults](#))

depicted along the cross-section only.  
For concepts of faults → [click the fault](#), for geometries and concepts of thrusts, not portrayable in a top view,  
→ [open the cross-section by clicking the:](#)



Cross-section line

Figure 14

## Dissemination

The results of the Hotlime Project are available online both on the GeoERA Project Portal via a webGIS viewer dedicated to the link <https://geoera.eu/projects/hotlime6/> and on the EGDI Portal (Eurogeosurveys' European Geological Data Infrastructure).

Among the documents which also contains the document Atlas of Carbonate Rock Geothermal Reservoirs Across Europe (Atlas of carbonate geothermal reservoirs in Europe) which contains a summary of the studies carried out together with all the European partners for the Hotlime project.

Through this document it is possible to consult all the geothematic maps of the case studies, cartographed in a synthetic and homogeneous way.

Furthermore, for each case study, by clicking interactively on the maps included in the atlas, it is also possible to consult all the data relating to the representative Geological Sections or to the main Faults present along the section, which can be selectively interrogated and enriched with information relating to the geological units, name, their type, age, etc.

All the geospatial information relating to the maps, including descriptive metadata according to ISO 19115, are available for consultation and download and geo-referenced in raster format.

## Conclusions

The study area is part of a geothermal field located in the south-western part of the Umbria Region where geothermal systems of medium-high enthalpy have already been explored and where it is expected the start of some authorized projects for the future exploitation of geothermal resources in the our territory.

The synthetic maps in this report, although subject to some refinement due to the assumptions made and the non-homogeneous distribution of the deep wells in the area, represent an effort to integrate all the available geological, geophysical and hydrogeological information that provide a model of the behavior of the deposits and a contribution to the geological and geothermal knowledge of the area.

In conclusion, this study, integrated with further investigations such as the drilling of new exploration wells, could help to take the next steps towards the implementation of sustainable energy solutions based on geothermal resources.

## Bibliography

- MUFFLER, L.J.P. & CATALDI, R. (1978): Methods for Regional Assessment of Geothermal Resources. – *Geothermics* 7: 53- 89. [https://doi.org/10.1016/0375-6505\(78\)90002-0](https://doi.org/10.1016/0375-6505(78)90002-0) [2019-12-05]
- BARSELLA, M., BOSCHERINI, A., BOTTI, F., MARRONI, M., MENEGHINI, F., MOTTI, A., CALANDRI, S. & PANDOLFI, L. (2009): Oligo-Miocene fordeep deposits in the Trasimeno Lake area (Central Italy): insights into the evolution of the Northern Apennine. – *It. Journal of Geosciences* 128(2): 341-352. <https://doi.org/10.3301/IJG.2009.128.2.34>.



- BOSCHERINI, A., BARCHI, M. & MOTTI A. (2009): 20 anni di cartografia geologica e geotematica. – Mem. Desc. Carta Geol. D'Italia LXXXVIII: 78-78. BOSCHERINI, A., MOTTI, A. NATALI, N. & SIMONE, G. (2010): Geothematic cartography applicationas in Regione Umbria. - 85° Congresso della Societ`a Geologica Italiana, Pisa, Settembre 2010.
- BUONASORTE, G. FIORDELISI, A. & PANDELI, E. (1991): The Alfina well 15: Deep geological data from northern Latium. – Boll. Soc. Geol. It. 110: 823-831.
- BUONASORTE, G., CATALDI, R., CECCARELLI, A., COSTANTINI, A., D'OFFIZI, S., LAZZAROTTO, A., RIDOLFI, A., BALDI, P., BARELLI, A., BERTINI, G., BERTRAMI, R., CALAMAI, A., CAMELI, G., CORSI, R., DACQUINO, C., FIORDELISI, A., GHEZZO, A. & LOVARI, F. (1988): Ricerca ed esplorazione nell' area geotermica di Torre Alfina. – Boll. Soc. Geol. It. 107: 265-337.
- ISPRA: DEM <http://www.sinanet.isprambiente.it/IT/SIA-ISPRA/DOWNLOAD-MAIS/DEM20/VIEW/> ISPRA (2005): Carta Gravimetrica d'Italia. [http://www.isprambiente.gov.it/MEDIA/MILIONE\\_GRAV/MILIONEGRAV\\_2004/MILIONE.HTM](http://www.isprambiente.gov.it/MEDIA/MILIONE_GRAV/MILIONEGRAV_2004/MILIONE.HTM)
- REGIONE UMBRIA – SERVIZIO GEOLOGICO (2013): Cartografia Geologica Informatizzata a vettoriale della Regione Umbria. In: <http://www.regione.umbria.it/>, <http://dati.umbria.it/>, <http://www.umbriageo.regione.umbria.it/> REGIONE UMBRIA – SERVIZIO GEOLOGICO (2013): Cartografia Geologica della Regione Umbria per Google Earth [http://www.territorio.regione.umbria.it/STATIC/GEOLOGIAKMZ/GEOLOGIAKMZ/INDEX\\_KMZ.HTM](http://www.territorio.regione.umbria.it/STATIC/GEOLOGIAKMZ/GEOLOGIAKMZ/INDEX_KMZ.HTM) , <http://dati.umbria.it/>.
- REGIONE UMBRIA (2014): Studio delle Potenzialità geotermiche del territorio regionale Umbro.
- REGIONE UMBRIA, REGIONE EMILIA-ROMAGNA, REGIONE MARCHE, REGIONE TOSCANA, UNIVERSITÀ SIENA CGT (2020): Geologic Map of the Northern Apennines, Italian Journal of Geosciences, vol.139, fasc.2.
- Diepolder, G.W. & HotLime Team (2021): Atlas of Carbonate Rock Geothermal Reservoirs Across Europe. Results summary of play and prospect evaluation in HotLime's 11 case study areas and the knowledge base. 36 pp., [https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime\\_geothermal\\_atlas.pdf](https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime_geothermal_atlas.pdf)
- Scheda informativa “Hotlime factsheet Heat in Place” [https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime\\_factsheet\\_heat-in-place.pdf](https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime_factsheet_heat-in-place.pdf)
- Scheda informativa “Hotlime factsheet Faults” [https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime\\_factsheet\\_faults.pdf](https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/hotlime/hotlime_factsheet_faults.pdf)

## **4-Mintell4EU Project-Results and databases**

The Mintell4EU project is a project that provides for the updating of the Yearbook of European Minerals with production and trade data (2014-2017), data on resources and reserves and information on exploration (reference year 2019); the integration of the Yearbook of European Minerals into the Minerals4EU database compliant with INSPIRE; improve the quality and spatial coverage of the mineral inventory, addressing harmonization issues and facilitating interoperability with other ongoing European mineral intelligence projects; to test the application of the UNFC classification system as a tool to obtain more accurate pan-European mining inventories; communication and interaction recommendations between existing databases and data portals and the Raw Materials Information System (RMIS); integration of the inventory of European ministries and minerals into the GeoERA information platform and user-oriented search and visualization possibilities, thus effectively creating a dedicated EURMKB portal, but also of interoperability of raw material data with resource data groundwater and geo-energy support land use planning and management of competing land.

The participants in the project are: GEUS, BRGM, IGME (Sp), GSD, ISPRA, NGU, GeoZS, SGU, GeoInform, SGIDS, LNEG, IGME (Gr), HGI-CGS, GTK, UKRI/BGS, LGRB, BGR, GSI, GSB-RBINS, MBFSZ, SGL, GSS, AGS, CGS, FZZG, RU.

### **GEOERA Project – RAW MATERIALS “Mintell 4EU”**

The information on the location and spatial distribution of primary and secondary raw materials in relation to their exploration, exploitation, activities related to production and trade are the basis for planning and programming at the political and industrial level.

The objectives that have been defined for the Mintell4eu project are the following:

1. An update of the “Minerals Yearbook” database with production and exchange data, raw material resources and reserves as well as information about new explorations.
2. Improvement of the quality and spatial coverage of the "Mineral Inventory" through processes of homogenization of available data and promoting interoperability with other European projects on raw materials.
3. Testing the application of the UNFC classification system to obtain more accurate information on inventories of mineral raw materials at a pan-European level.
4. Promote interactivity between other existing databases such as the Raw Materials Information System (RMIS).
5. Integrate the “European Minerals Yearbook and Minerals Inventory” into the European Geological Data Infrastructure (EGDI) portal.

The Mintell4eu project is therefore based on pre-existing projects, aims to extend the spatial coverage of the available information and their harmonization, through the development of Quality Control Tools (QC Tools) for an automatic collection of new data, integrating the results of the activities in the European EGDI portal. in order to provide a useful and intuitive access to information regarding primary mineral resources for the whole of Europe.

### **The Work Package 3 “Minerals Inventory”**

The Umbria Region has collaborated with the other European partners by participating in the activities of the Work Package 3 (WP3) called “Minerals Inventory”.

The activities carried out during the project mainly concerned the updating and implementation of the pre-existing database called M4EU to arrive at the new centralized "MIN4EU" database, containing all the information relating to the presence of mining sites / mines across Europe, both datasets have been harmoniously integrated into the EGDI platform.

The MIN4EU database also made use of the indications and guidelines drawn up in the course of pre-existing projects such as Minerals 4EU, ProSUM, EURARE, ORAMA, RESEERVE.

The final result of the 2021.8 version of the Mintell4EU database led to several changes in the data model (datamodel) and in the codelists that have been made compatible with the INSPIRE directives.

The activities relating to the review, implementation and use of the standards were also carried out through participation in an (online) workshop organized by the Work Package Leader, Slovenian Geological Service (GeoZS).

Various changes were also made to the software versions and an update to the available schemes and services and the creation of the related metadata.

Some comments are linked to this link in the diagrams [https://db.geo-zs.si/M4EU\\_v2020.8.01/public/index.html](https://db.geo-zs.si/M4EU_v2020.8.01/public/index.html)

The software required for database management, the database layout (version 8.02.2021) and instructions for installing the software and entering data are contained at the following link:

<https://geusgitlab.geus.dk/m4eu/2020-m4eu>

master
2020-m4eu
History
Find file
↓
Clone ↓

✖
9d2b9786
🔍

update deegree3 v3.4.22 and updated log4j  
Frands Schjath authored 2 weeks ago

Name	Last commit	Last update
📁 00 Cookbooks m4eu	update of guideline	7 months ago
📁 02 Java SE Development Kit	update request	1 month ago
📁 03 Postgresql	update	1 year ago
📁 04 Postgis	update	1 year ago
📁 05 Tomcat	update JDK Tomcat and server requests	10 months ago
📁 06 Deegree3	update deegree3 v3.4.22 and updated log4j	2 weeks ago
📁 07 Geokettle	update	1 year ago
📁 08 Enterprise Architect model	update v2020.8	11 months ago
📁 09 Database scripts	update DB to version v2020.8.02	6 months ago
📁 10 Deegree setup	deegree setup files for MIN4EU DB v2020.8.02	6 months ago
📁 11 E-myb	update readme file	1 year ago
📁 12 Server request	update request	1 month ago
📄 README.md	Update README.md	9 months ago

In this scheme, the local database, adhering to the MIN4eu database scheme and made compatible with the INSPIRE directives, is hosted on servers at national level and can be periodically consulted through the data collection system set up at European level by the GeoZS, which detects and validates automatically and periodically the data collected for the purpose of centralized storage of information in the European database MIN4EU.

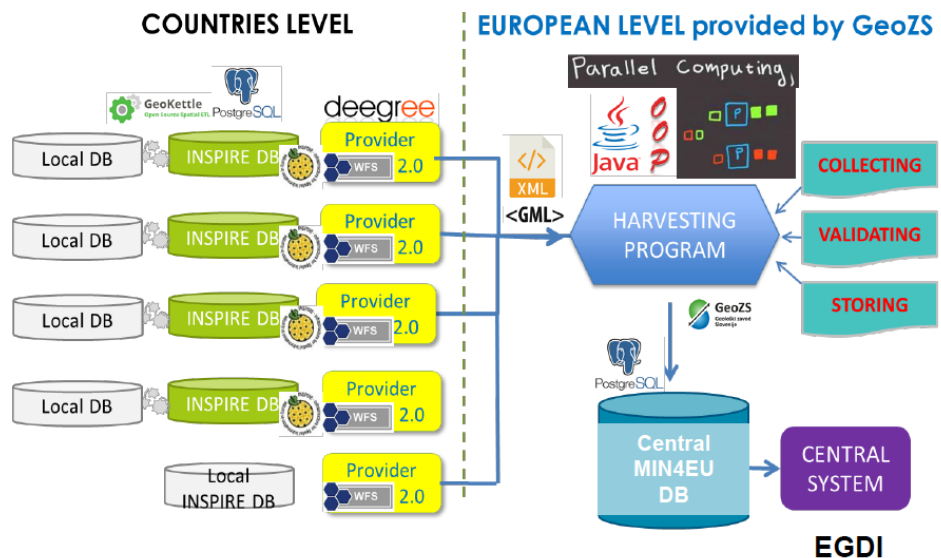
For countries that do not have a WFS service of this type, the Danish geological service (GEUS) has made itself available for data collection, homogenization according to MIN4EU standards and storage of geological and statistical information on its servers. for consultation.

Periodically, the country providing the data is requested to check the operating status of the online database managed independently, to update the information and to compare it with the control checklists that the GeoZS will send to the individual supplier countries to assess any discrepancies between the information contained. national databases and those registered in the European Min4eu database and therefore the resolution of these non-conformities.

To carry out these monitoring functions of the MIn4eu database, GeoZs has also created a system for collecting information from the individual national databases, including a software to control the quality of the data collected that generates reports of the errors detected, available at the link <https://harvesting.geo-zs.si/main>.

The Geological Survey of the Umbria Region also provided more in-depth data through the spatial analysis on a GIS basis of some available regional maps. The map of the natural radioactivity of Umbria was created during the UMBRIA-RAD project which defined the distribution of natural radionuclides and total natural radioactivity with complementary survey methodologies including sampling of rocks and soils and aerial overflights, followed by detailed laboratory analyzes in order to also determine the effective dose of natural radioactivity.

In particular, through the GIS analysis and the comparison of the data relating to the Umbrian mining sites with the regional vector geological map in 1:10,000 scale first and with the Natural Radioactivity map in Umbria then, the information relating to the geological (lithological) unit extracted in the mine site and the natural radioactivity values expressed in Bq/Kg of the present soils.



**Figure 2**

Following the indications contained in the MIN4EU guidelines and in the “codelistversion v2020.8.1.xls” file, the geological formation / lithology association was carried out taking into account the register of INSPIRE code lists available at the link: <https://inspire.ec.europa.eu/codelist/LithologyValue/>.

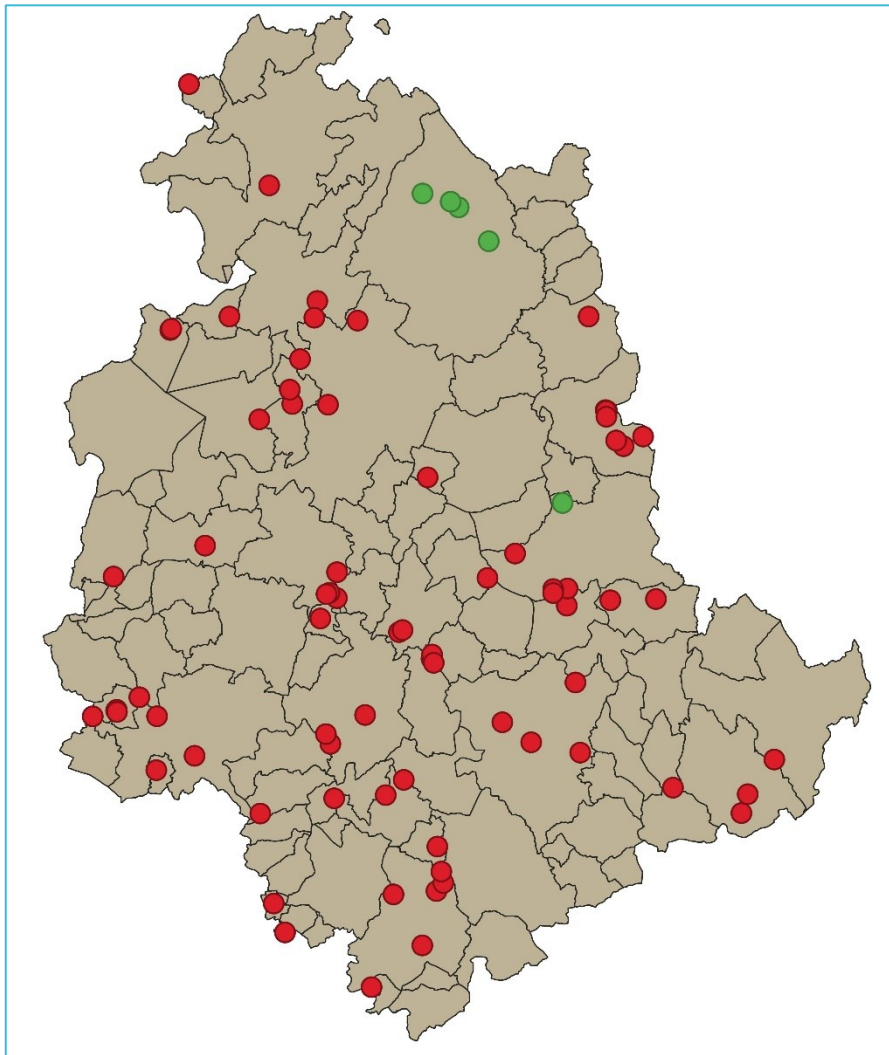
The information regarding the age of the geological formation was reviewed according to the INSPIRE codes present <http://inspire.ec.europa.eu/codelist/GeochronologicEraValue/>

To ensure the inclusion of information relating to natural radioactivity, a "Kbq" code was created from scratch in the list of codes in the M4EU code table called "UomGeochemistryType" as shown in the figure.



M4EU Codelist table	v1.1.2 - code	v2020.8 - code (added or use instead)	v2020.8 - name
UomGeochemistryType		caratsPerTons	Carats/t
		ct	ct
		percent	%
	ppb	ppb	ppb
	ppm	ppm	ppm
		t	t
		troy-oz	troy oz
	volPercent	volPercent	vol%
	wtPercent	wtPercent	wt%
		kBq	kilo becquerel (kBq)

**Figure 3**



**Figure 3: Mineral occurrences with mines green dots and quarries in red for Umbria Region during 2021, in black the administrative borders.**

mintell4eu_ita									
FID	Oper Status	commodity	Comm_group	Mining_act	LABEL	Geo_Desc	Min Bq/kg	Max Bq/kg	PROD2019
16	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	SVI-SUB-a*	Yellowish-gray sandy clays and clays, gradually passing upwards	156	240	49514
6	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	361	530	4201023
7	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	361	530	506228
10	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	156	240	23424
22	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	74226
23	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	36	95	44681
58	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	8960
59	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	0
60	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	51460
62	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	41934
46	Operating	Basalt	Building Raw Materials	OpenPitMining	ORV-SUB+1*	Weakly porphyritic lava flows for diatrite, phenocrysts and felds	530	1653	3031004
47	Operating	Basalt	Building Raw Materials	OpenPitMining	ORV-SUB+1*	Weakly porphyritic lava flows for diatrite, phenocrysts and felds	530	1653	602569
4	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAC-SUB+1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	530	1653	0
5	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAC-SUB+1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	530	1653	0
8	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAC-SUB+1*	Turbidite quartz-feldspathic sandstones in thick and very thick ba	361	530	0
1	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPitMining	SCC	Thinly stratified calcareous marl, ash-gray in the basal part, rotten	156	240	179000
19	Operating	Calcite	Building Raw Materials	SurfaceMining	FC	Thinly stratified 10-20 cm gray, purple to greenish marl and marl	95	156	0
45	Operating	Aggregates	Building Raw Materials	OpenPitMining	ORV-SUB+1*	Stratified pyroclastic succession with alternation of fine tuffs and	530	1653	0
52	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	Quarrying	CR1-SUB-3*	Sand and gravel with travertine levels	361	530	0
54	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPitMining	CR1-SUB-3*	Sand and gravel with travertine levels	240	314	601185
65	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	TOD-SUB-2*	Prevailing clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	240	314	0
71	Operating	Sand and gravel	Building Raw Materials	SurfaceMining	TOD-SUB+1*	Prevailing clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	156	240	0
79	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	TOD-SUB+1*	Prevailing clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	156	240	37980
2	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPitMining	VAS	Pinakish or polychrome marly limestones in layers of no more than	240	314	428588
40	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPitMining	VAS	Pinakish or polychrome marly limestones in layers of no more than	314	361	0
3	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	36	95	3891227
9	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	156	240	144700
10	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	240	314	14600
20	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	95	156	20025
21	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	95	156	15000
50	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	95	156	19000
57	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	95	156	1927
61	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	95	156	0
69	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	156	240	1540226
70	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	SAA	Pinakish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with	156	240	41125
76	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPitMining	FMA-SUB+4*	Pellic-arenaceous turbidites with frequent calcarenites from SE a	156	240	0
29	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	6235
30	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	99660
31	Operating	Calcite	Building Raw Materials	SurfaceMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	0
32	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	2400
50	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	240	329653
53	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	95	156	124400
63	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	95	156	42360
74	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	240	0
77	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	240	0
11	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	CCA	Limestone and dolomitic limestone breccias, angular and unclastic	156	240	0
28	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPitMining	POD	Hazel or grayish marly limestones in layers from 10 to 30 cm, alter	36	95	1904
0	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	FRL	Gray silty clays organized in powerful banks a few meters with s	240	314	85715
34	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPitMining	h-SUB-2+*	Essentially fine deposits with clasts of various sizes, come from	314	361	266013
67	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	TOD-SUB-2*	Clays, silty clays and prevalent sands. Subordinate gravels.	240	314	82560
44	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPitMining	TOD-SUB+1*	Clays, it crops out in a strip arranged in the NW-SE direction, betw	314	361	242550

**Figure 4**

Fig. 4 shows a part of the Mintell4eu database for Umbria, the fields Operating Status, Commodity Group, Commodity Type, Mining Activity, Production have been prepared according to the indications of the European database and finally the fields implemented by the Umbria Region deriving from GIS analysis of the data available from the Regional Geological Service, with the information associated with quarries and mines for natural geology and radioactivity. Field Label, Geology Description and Min / Max Bqkg field for radioactivity.

## Conclusions

The information provided by the Umbria Region was integrated with that provided by ISPRA, another partner of the Mintell4eu Project, which was also included in Work Package 2 "The European Minerals Yearbook" or in the e-Minerals Yearbook resident on the website of the Danish Geological Survey (GEUS). The final result of the 2021.8 version of the Mintell4EU database led to several changes in the data model and in the codelists that have been made compatible with the INSPIRE directives. The data contained in the e-Minerals Yearbook relate to the production of mineral raw materials from 2014 to 2019, commercial data from 2014 to 2018, data relating to resources, reserves and explorations with reference to the year 2019. Compared to the version of the database previously in use, MIN4EU recorded a 23.7% increase in data relating to the presence of mineral resources at European level (data updated to November 2021), with an implementation for Italy of 2340 elements completely related to mines and quarries. The information that can be consulted online concerns the status of the mines (abandoned, active, historical, etc.) and the type (underground mine, quarry, etc.) and the type of raw material extracted with references to the quantities on a webgis at the following link that will be transferred to the EGDI portal:

[https://data.geus.dk/egdi/?mapname=egdi\\_geoera\\_mintell4eu#baslay=baseMapGEUS&extent=327100,1045460,8832080,5419920&layers=egdi\\_mines&filter\\_0=commodity.part%3D%26status.multi%3D%26mining3](https://data.geus.dk/egdi/?mapname=egdi_geoera_mintell4eu#baslay=baseMapGEUS&extent=327100,1045460,8832080,5419920&layers=egdi_mines&filter_0=commodity.part%3D%26status.multi%3D%26mining3)

FID	Oper. Statu	commodity	Comm group	Mining act	LABEL	Geo. Desc	Min. Bckgr	Max. Bckgr	PROD2019
16	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SVU<SUB>a*	Yellowish-gray sandy clays and clays, gradually passing upward	156	248	49514
6	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	361	538	43963.32
7	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	361	538	58623
10	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	156	248	23424
22	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	74026
23	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	36	95	44081
58	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	8960
59	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	0
60	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	51460
46	Operating	Basalt	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAI	White or gray-light micritic limestones with a conchoidal fracture, i	95	156	41934
47	Operating	Basalt	Building Raw Materials	OpenPit/mining	ORV<SUB>1*	Weakly porphyritic lava flows for diatelite phenocrysts and fields	538	1553	303108.4
4	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPit/mining	ORV<SUB>1*	Weakly porphyritic lava flows for diatelite phenocrysts and fields	538	1553	502569
5	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAC<SUB>1*	Turbidite quartz-felspathic sandstones in thick and very thick ba	538	1553	0
8	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAC<SUB>1*	Turbidite quartz-felspathic sandstones in thick and very thick ba	361	538	0
1	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SCC	Turbidite quartz-felspathic sandstones in thick and very thick ba	156	248	179000
19	Operating	Calcite	Building Raw Materials	Surface/mining	FUC	Thinly stratified (10-30 cm) gray, purple or greenish marl and marl	95	156	0
45	Operating	Aggregates	Building Raw Materials	OpenPit/mining	ORV<SUB>1*	Thinly stratified calcareous marl, ash-gray in the basal part, rotten	538	1553	0
52	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	Quarrying	CHT<SUB>3*	Stratified pyroclastic succession with alternation of fine tufts and	361	538	0
64	Operating	Industrial rock and minerals	Building Raw Materials	OpenPit/mining	CHT<SUB>3*	Sand and gravel with travertine levels.	248	314	6011.85
65	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPit/mining	TOD<SUB>2*	Prevaling clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	248	314	0
78	Operating	Clay	Building Raw Materials	OpenPit/mining	TOD<SUB>1*	Prevaling clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	156	248	37960
2	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPit/mining	VAS	Prevaling clays, silty clays gray and bluish gray, with subordinate	248	314	428596
3	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish or polychrome marly limestones in layers of no more than	36	95	30912.27
9	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	156	248	144700
13	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	248	314	14600
20	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	20025
21	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	15000
56	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	19600
57	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	1927
61	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	95	156	0
69	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	156	248	15402.26
70	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	SAA	Pinkish micritic limestones, more rarely whitish, alternating with ve	156	248	41125
76	Operating	Cement	Building Raw Materials	OpenPit/mining	FMA<SUB>4*	Pellic-arenaceous turbidites with frequent calcarenites from SE a	156	248	0
30	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	6235
31	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	99060
32	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	36	95	2400
50	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	248	3296.53
53	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	95	156	124400
63	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	95	156	42360
74	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	248	0
77	Operating	Calcite	Building Raw Materials	OpenPit/mining	MAS	Massive or poorly stratified limestones ranging in color from white	156	248	0

At the end of the project it was possible to obtain data on the production and trade of mineral raw materials for 40 European countries, exploration data for 7 European countries available for research purposes, problem solving for planning, programming and design activities on a regional scale, national and European.

The Geological Office of the Umbria Region has proposed a specific addition to the database, in compliance with the INSPIRE legislation, and this integrated database is one of the results of the project. For all the Umbrian mining sites, the integrated database now has a wealth of information ranging from lithological descriptions to the natural radioactivity contents of the raw materials.

## **5-Project Resources-Results and databases**

RESOURCE will demonstrate the potentials of the harmonization of information about Europe's groundwater resources through cross-border demonstrations projects, through harmonized characterization approaches for Karst and Chalk aquifers and through a first information product at Pan-European scale where available data is compiled and integrated to produce a map of the fresh groundwater resources of Europe.

The participants in the project are: TNO (lead), DLT, AGS, GBA, VMM, SCK, FZZG, HGI, GSD, CGS, GEUS, GTK, BRGM, MBFSZ, ISOR, GSI, ARPA, LGMC, LGT, SGL, MTI, PIG, LNEG, IGR, GSS, GZS, IGME, ICGC, RU, SGU, GIU, NERC, EGT, NRW.

### **Introduction and general background**

This document describes the metadata information for the Valle Umbra model for work package 6 of the RESOURCE (Pan-EU Groundwater Resources Map) project. It provides basic information on how the model for the Umbrian Valley was compiled, what data was used and what choices were made to pick the different parameters. First, a summary table is provided, which provides a quick overview of the model building process and the data type used. A more detailed description of each parameter is then provided in the paragraph describing the process behind using a particular parameter and the background of the data.

The underground model was reconstructed using real data from boreholes and deep water wells made for drinking water; in our study levels of thickness less than 0.5m were not considered.

The 2D model and stratigraphy of the case study area was reconstructed with great accuracy: these are alluvial deposits show the alternation of sandy, gravelly and clayey sediments without lateral continuity.

All parameters have been compiled using data from real models, only the hydraulic parameters have a level of accuracy based on expert judgment.



## Overview table

Parameter	Short description	Link/reference
Altitude_surface_level	Average of the altitudes of the vertices of the cell 10x10 from the Regional Technical Map in scale 1: 10,000 in meters above sea level	<a href="http://www.umbriageo.regione.umbria.it/pagina/distribuzione-carta-tecnica-regionale-raster">http://www.umbriageo.regione.umbria.it/pagina/distribuzione-carta-tecnica-regionale-raster</a>
Total_depth_active_layers	Obtained from the difference between the share of the average altitude and the share of the waterproof substrate.	Note illustrative carta geologica Regione Umbria 1:10.000 sezione 311_110
Unsaturated zonethickness and extent	It is the thickness of the covering soil whose extension is equal to the percentage of the cell surface covered by the study	( <a href="https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Car+ta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000">https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Car+ta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000</a> )
Saturated zonethickness and extent	Thickness of saturated sediments obtained from the database of surveys for Google Earth of the Umbria Region and from the isophreatic contour lines of the hydrogeological map of the Umbrian valley	<a href="http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/IndaginiGeologicheKmz/Index_kmz.htm">http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/IndaginiGeologicheKmz/Index_kmz.htm</a> ( <a href="https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Car+ta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000">https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Car+ta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000</a> )
Hydrogeofacies	Hydrogeofacies are based on layer types. Generally: aquifers: coarse sand, aquitards: clay.	<a href="http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/IndaginiGeologicheKmz/Index_kmz.htm">http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/IndaginiGeologicheKmz/Index_kmz.htm</a>
Geological age	The sediments are all from the Quaternary age	<a href="#">Geologia - Regione Umbria</a>
Layer type	Layers are described on the basis of the hydrogeological map of the Umbrian valley	( <a href="https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Car+ta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000">https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Car+ta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000</a> )
Aquifer type	Based on geologists database of the region of Umbria: aquifers above the aquitards or above the substrate: semi-confined, aquifers under pressure: confined	<a href="http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/IndaginiGeologicheKmz/Index_kmz.htm">http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/IndaginiGeologicheKmz/Index_kmz.htm</a>
Hydrological parameters	kh and kv are based on flow tests on wells, while porosity and anisotropy values are based on expert judgment	E. PREZIOSI, E. ROMANO (2009): From a Hydrostructural analysis to the mathematical modelling of regional aquifers (central Italy)
Artesian/Paleo/Thermal	The artesian aquifers have been identified by the Hydrogeological Map of the Umbrian Valley and by the geological database of the Umbria Region	<a href="http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/IndaginiGeologicheKmz/Index_kmz.htm">http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/IndaginiGeologicheKmz/Index_kmz.htm</a> ( <a href="https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Car+ta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000">https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Car+ta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000</a> )

## **Main information**

The selection criteria and methods of entering the input data into the cells whose scheme was provided by TNO are described below. The images represent the outputs obtained following the processing of the input data carried out by TNO for all the countries participating in the Resource project in order to make all the data homogeneous at a European level.

### Altitude surface level

The altitude of the surface level was extrapolated from the elevation values indicated in the regional technical map in scale 1:10000 "Basic cartography of the regional territory made with the photogrammetric method, revised different times between 1985 and 2006"

<http://www.umbriageo.regione.umbria.it/pagina/distribuzione-carta-tecnica-regionale-raster-110-0>.

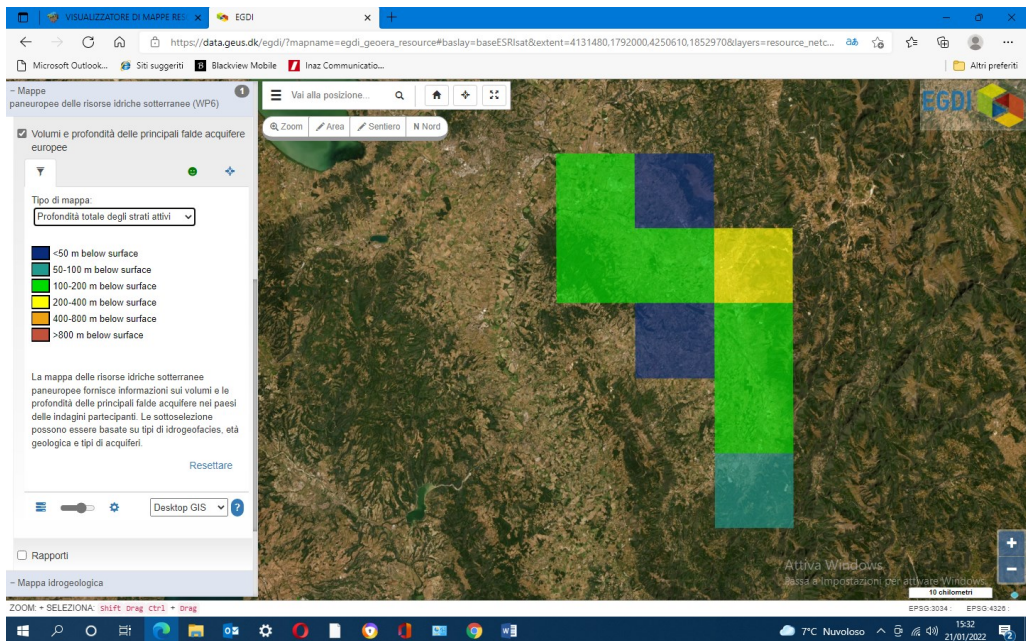
### Total depth active layers & Label maximum depth active layers

Umbria is an Italian region that has no outlets to the sea and therefore there is no mixing between the fresh and salt groundwater. The aquifer consists of alluvial deposits covering the Plio-Pleistocene clays in the center of the valley (hydrogeological base), and is confined to the east and west by lacustrine and fluvial-lacustrine deposits that cover the Miocene flysch of the Marnoso-Arenacea Formation.

The Umbrian valley is a narrow and elongated valley in a north-south direction. The total depth of the active zone is defined by the hydrogeological basis represented by the Miocene sediments found through the drilling of the well field for drinking water use (about 150 wells) which allowed, together with other data of a geological and hydrogeological nature, to reconstruct the trend of the isophreatic contour lines for the whole case study area.

(<https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+de+lla+Valle+Umbr/> b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000), Figure 1.





**Figure 1**

## **Layer information**

### Unsaturated zone thickness, extent & dynamics

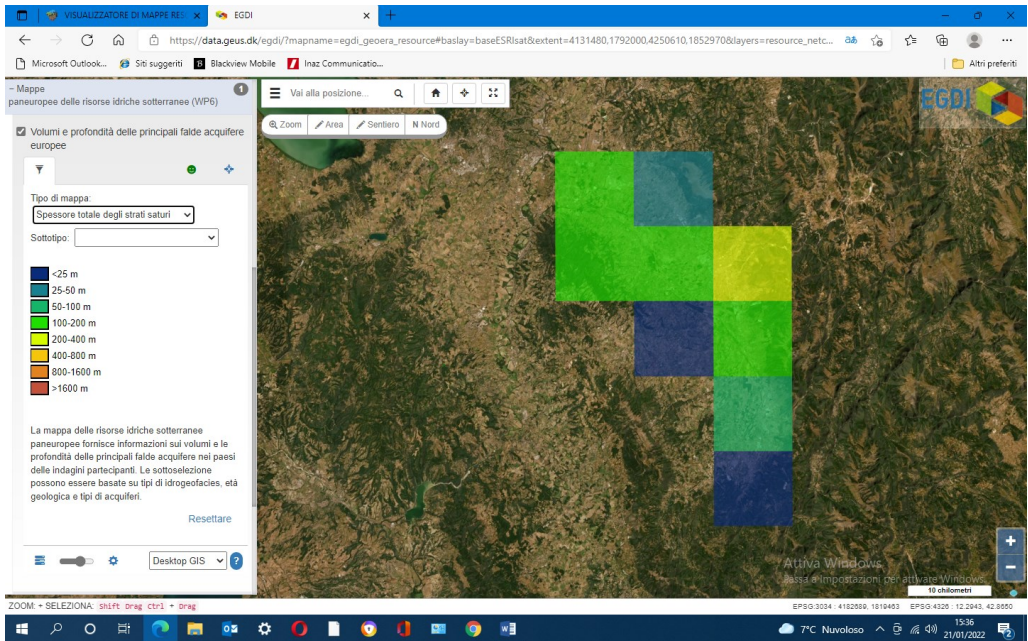
The unsaturated zone is represented in our geohydrogeological model by layers of average of 1 m thickness in our area where, subsurficial sediments are considered as an aquitard and whose extension in the cell depends mainly on the surface occupied by the area studied in the 10x10km cell.

In the portions of the territory where the aquifer with its alluvial fan sediments emerges instead, we considered the entire thickness of dry coarse materials as unsaturated to the top of piezometric level identified by the studies carried out for the preparation of the hydrogeological map of the Umbrian Valley.

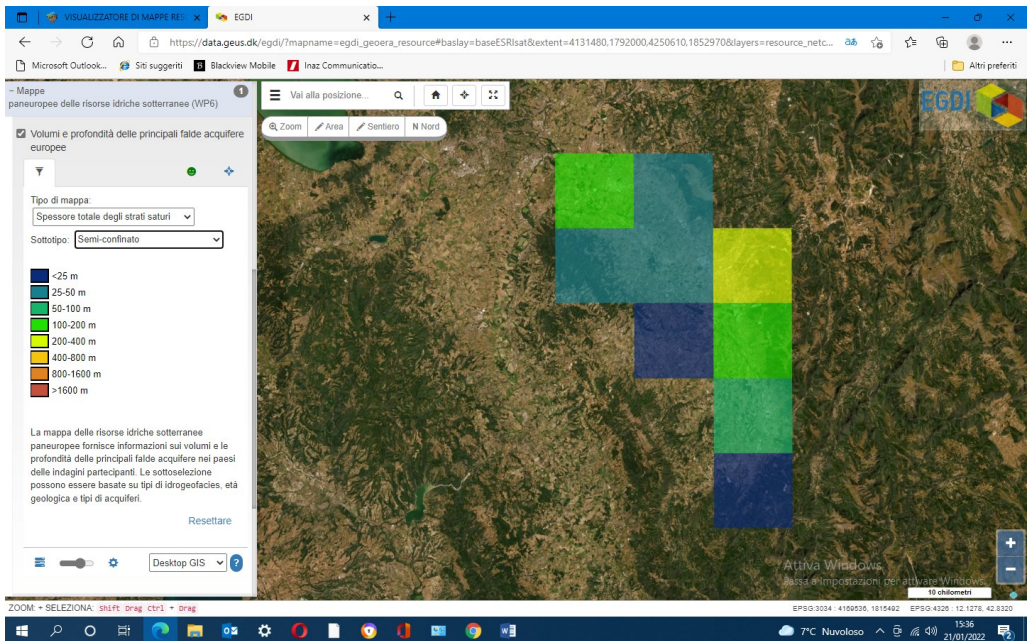
### Saturated zone thickness & extent

Most of the territory of the Umbrian valley is characterized by the presence, on the surface, of sediments which hydrogeologically constitute an aquitard saturated by default. The extension of these deposits is shown by the hydrogeological map of the Umbrian state determined in the Umbrian Valley at 10x10km cell scale.

Regarding the saturated zone thickness, we have considered the stratigraphy of the deep wells for drinking water use and the data deriving from the borehole database available for the Umbria Region (Figure 2, 3, 4).

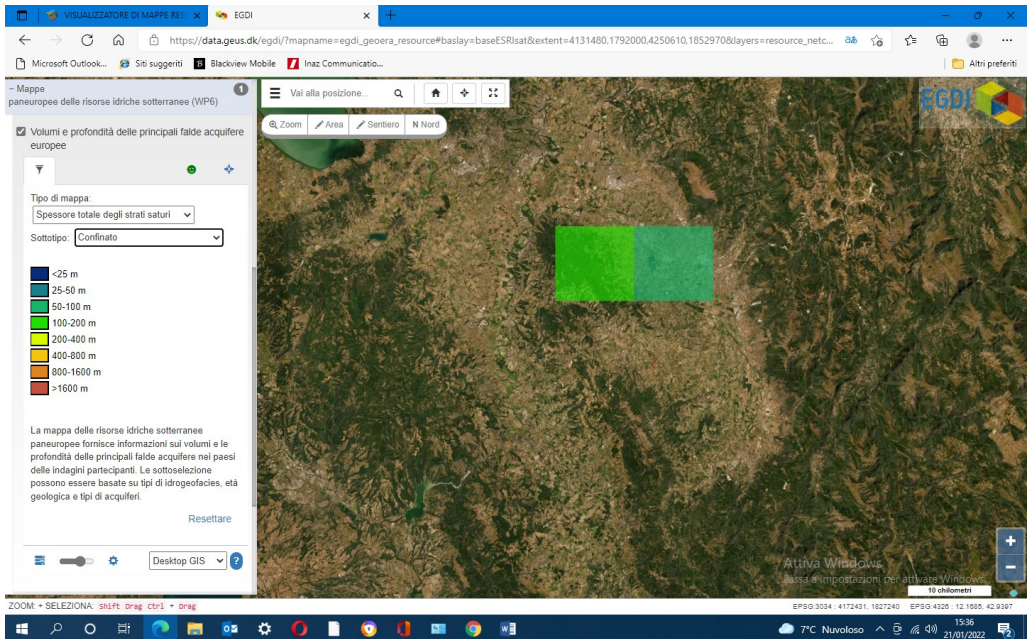


**Figure 2: Total thickness of saturated layers.**



**Figure 3: Distribution and thickness of semi-confined saturated layers.**



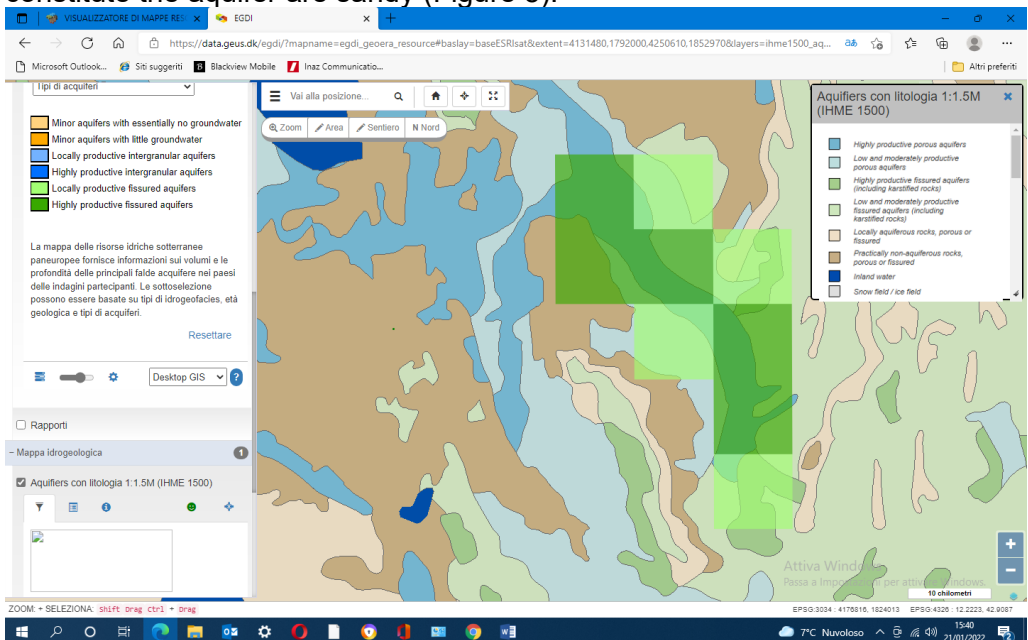


**Figure 4: Distribution and thickness of confined saturated layers.**

### Hydrogeofacies

The hydrogeofacies were determined by expert knowledge on the basis of data from the database of geognostic surveys of the Umbria Region, through the analysis of stratigraphic log data and laboratory tests carried out on the samples extracted during drilling operations.

The sediments that characterize the aquitards are clayey while those that constitute the aquifer are sandy (Figure 5).



**Figure 5: Distribution of aquifers as a function of hydrogeofacies.**

## Geological age

All alluvial sediments considered in this study belong to the Quaternary era.

## Layer type

In our hydrogeological model only two of the three aquitards, similar from a hydrogeological point of view but different depending on the age of the deposits, were considered for the study.

The three aquitards are characterized as following:

- The Holocene aquitard is the most recent and it stretches out throughout the central part of the Umbrian valley.
- The Plio-Pleistocene aquitard outcrops are located mainly at the borders of the Umbrian valley and in the south;
- Pre-Pliocene aquitard is located in the western area of the study area.

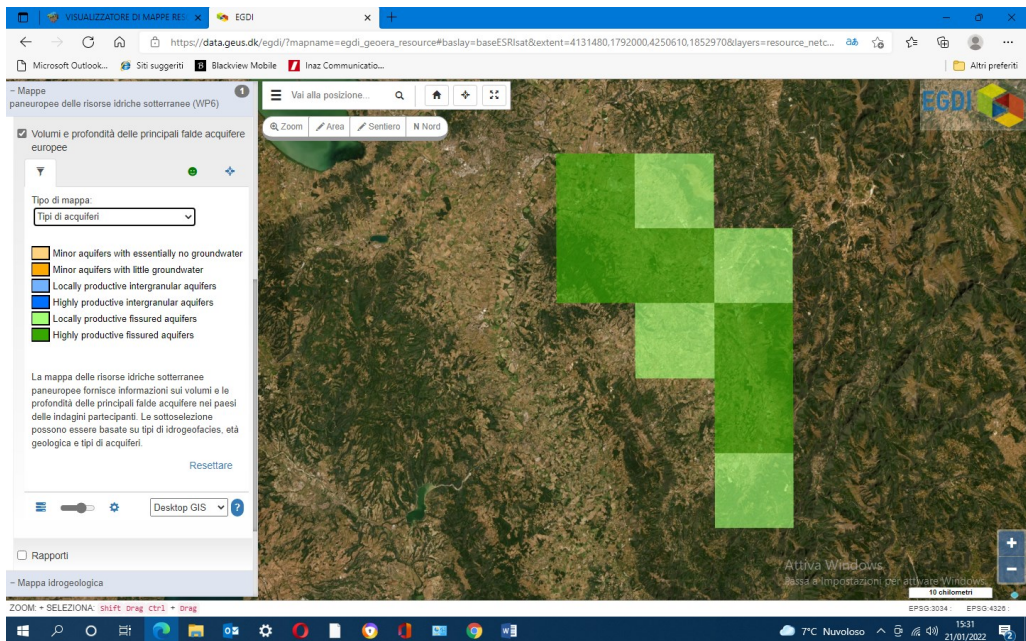
In the template, only the first two were considered for our study, since the third aquitard outcrops, are considered as an hydrogeological base-layer covering directly the Miocene lithoid substrate and therefore not significant for the Resource project.

On the basis of what is reported in the study by E. PREZIOSI, E. ROMANO (2009), from a Hydrostructural analysis to the mathematical modeling of regional aquifers (central Italy and on the basis of expert knowledge the hydraulic parameters have been identified: reported in the Final template deliverable 6.2 of 15/01/2020 for the default aquitards it is necessary to enter, in addition to the porosity, only the vertical hydraulic conductivity (kv) expressed in m / day and not the horizontal conductivity.

As for the aquifers, we considered the thickness of the saturated water through the difference between the isophreatic contour values and the elevation of the bottom of the permeable layer, obtained both from the interpretation of the data in the boreholes database of the Regione Umbria and from the stratigraphy of deep wells for drinking water use.

Three types of aquifers were considered:

- Holocene aquifer;
- Plio-Pleistocene aquifer;
- Artesian aquifer.



**Figure 6: Distribution of the various types of aquifers in the Valle Umbra.**

### Aquifer type

As far as groundwater aquifers are concerned, the data available to us make us consider semi-confined aquifers as they are confined at the base by the most ancient aquitards or by the Miocene hydrogeological base layer. For the aquifer types, a simple classification was used: if the first combined aquifer is above an aquitard, it was included as an unconfined aquifer. All aquifers below the first aquitard are included as semi-confined aquifers.

### Hydrological parameters

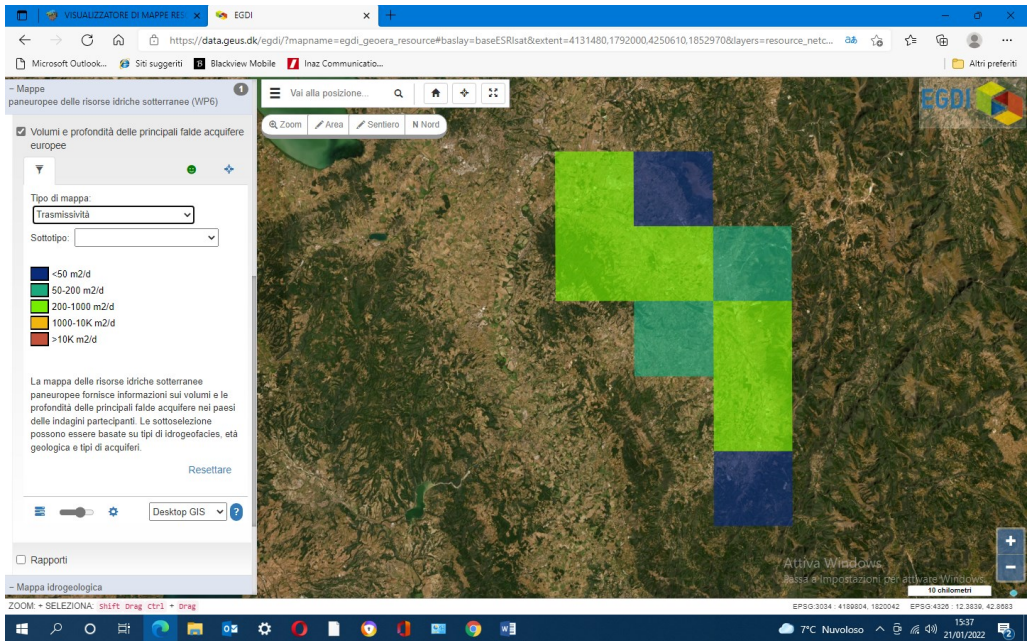
All the hydrological parameters included in the template (porosity, horizontal and vertical conductivity and the anisotropy value) were determined by the combination of the data in our possession and the expert knowledge.

The porosity values, were obtained through expert knowledge and through data from the boreholes regional database.

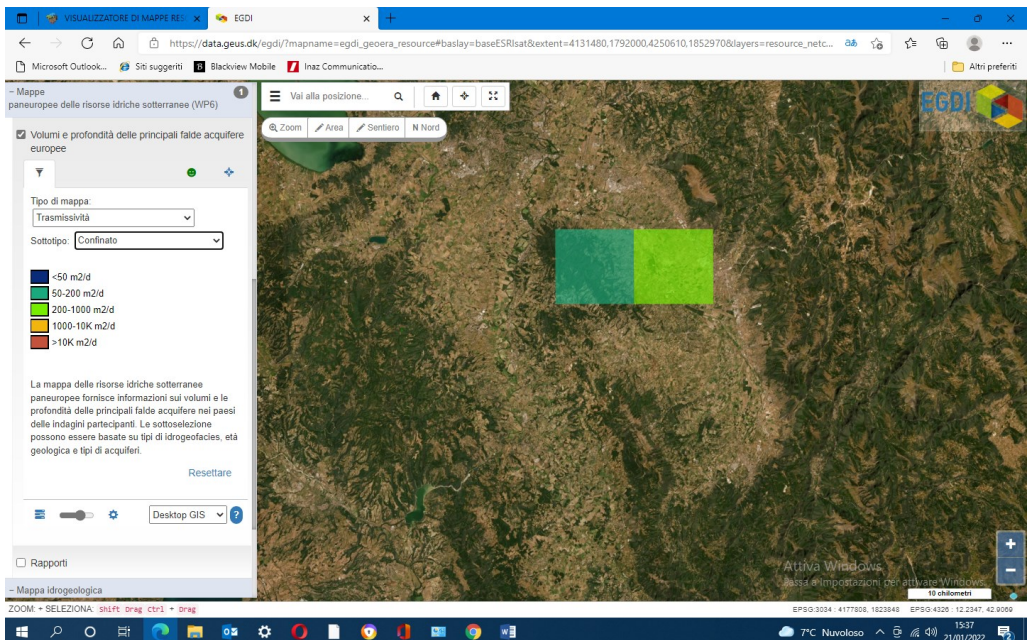
The parameters vary from 0.5 for the clayey soils of the aquitards to 0.4 for the sediments of the aquifers, comparable to those reported in the RESOURCE WP6 Hydrogefacies list.

Horizontal and vertical conductivities were determined from well tests, from analyzed with expert knowledge and compared with those determined by RESOURCE WP6 Hydrogefacies list.  $K_h = 10$  m/day and anisotropy value = 1 for aquifers,  $k_v = 2 \times 10^{-6}$  m/day for aquitards (Figure 7, 8).



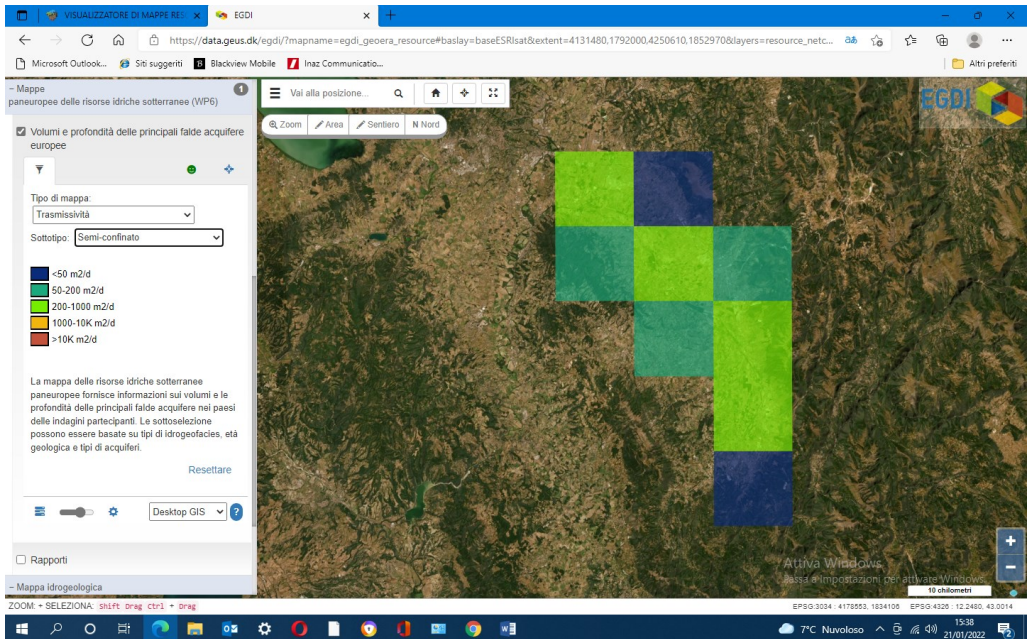


**Figure 7: Transmissivity in the Valle Umbra area.**



**Figure 8: Transmissivity at confined aquifers.**



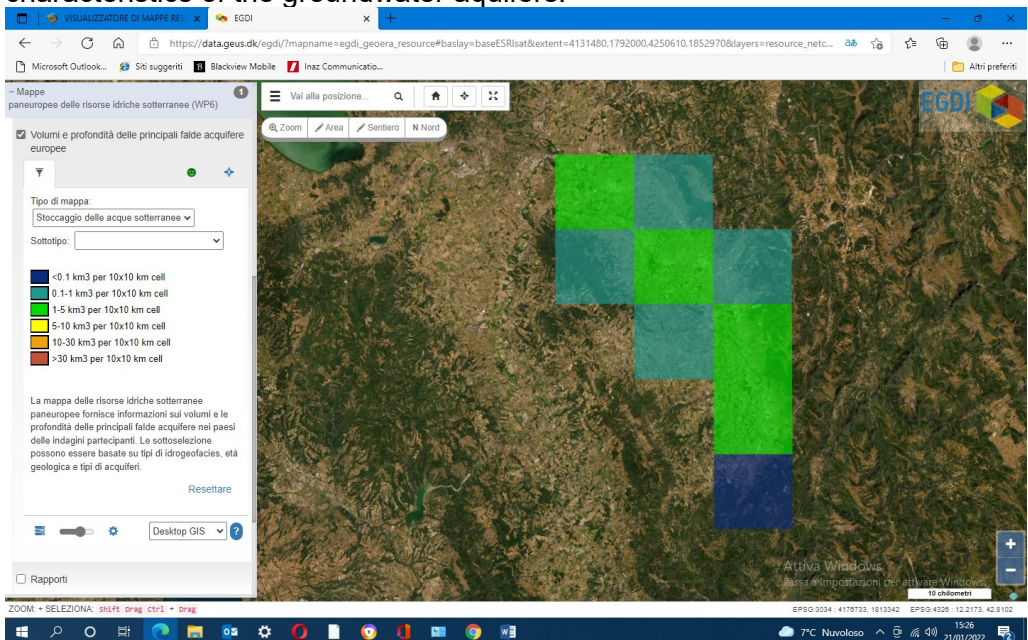


**Figure 9: Transmissivity at semi-confined aquifers.**

### Artesian/Paleo/Thermal

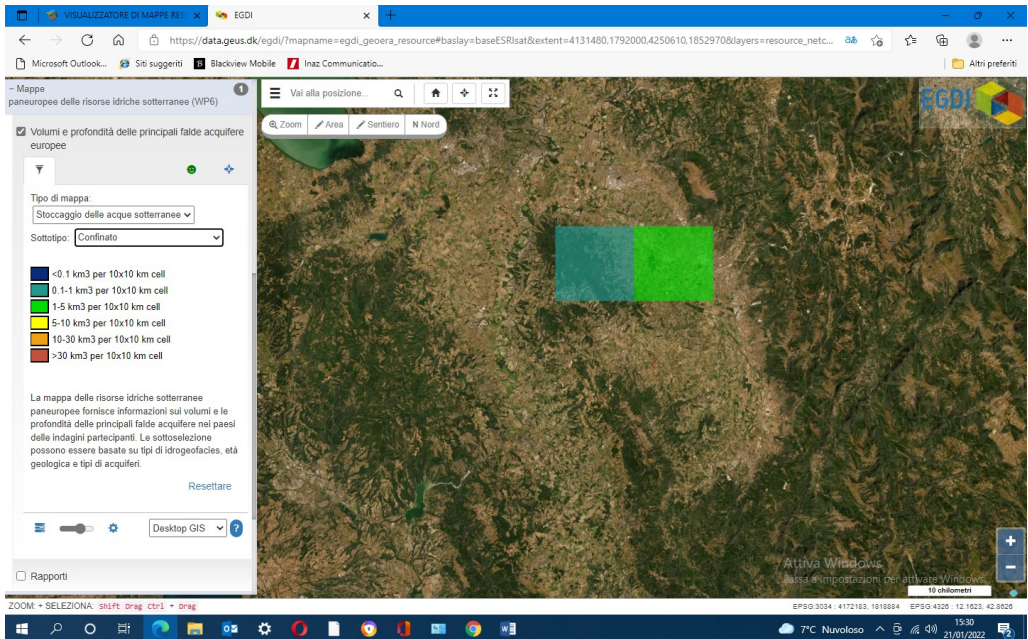
In the north-western area of the Umbrian valley, an artesian aquifer confined between the upper Plio-Pleistocene aquitard and the Miocene sediments that form the hydrogeological base was identified through a campaign of wells drilled for the research of drinking water.

It is made of Quaternary sandy sediments having the same hydrological characteristics of the groundwater aquifers.

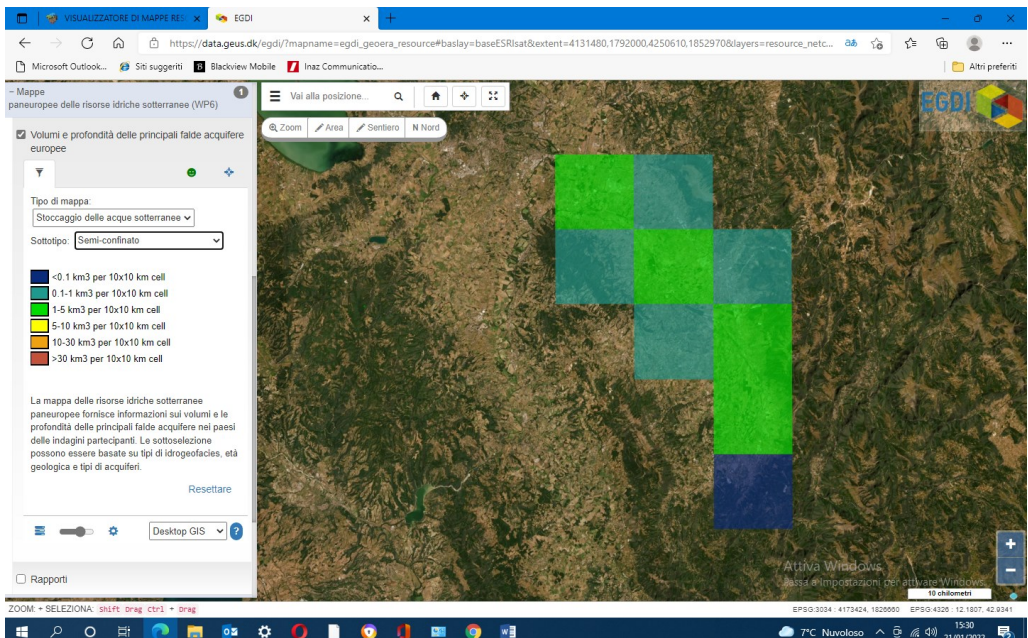


**Figure 10: Volume distribution of groundwater stored in the Valle Umbra.**





**Figure 11: Volume distribution of groundwater stored in artesian aquifers.**



**Figure 12: Volume distribution of groundwater stored in semi-confined aquifers.**

## **Bibliography**

- Note illustrative carta geologica Regione Umbria 1:10.000 sezione 311\_110.
- (<https://www.regione.umbria.it/documents/18/583613/Carta+Idrogeologica+della+Valle+Umbra/b3c0b5df-1995-42dc-8c99-c3691e8381e2?t=1392646084000>).
- E. Preziosi, E. Romano (2009): From a Hydrostructural analysis to the mathematical modelling of regional aquifers (central Italy).

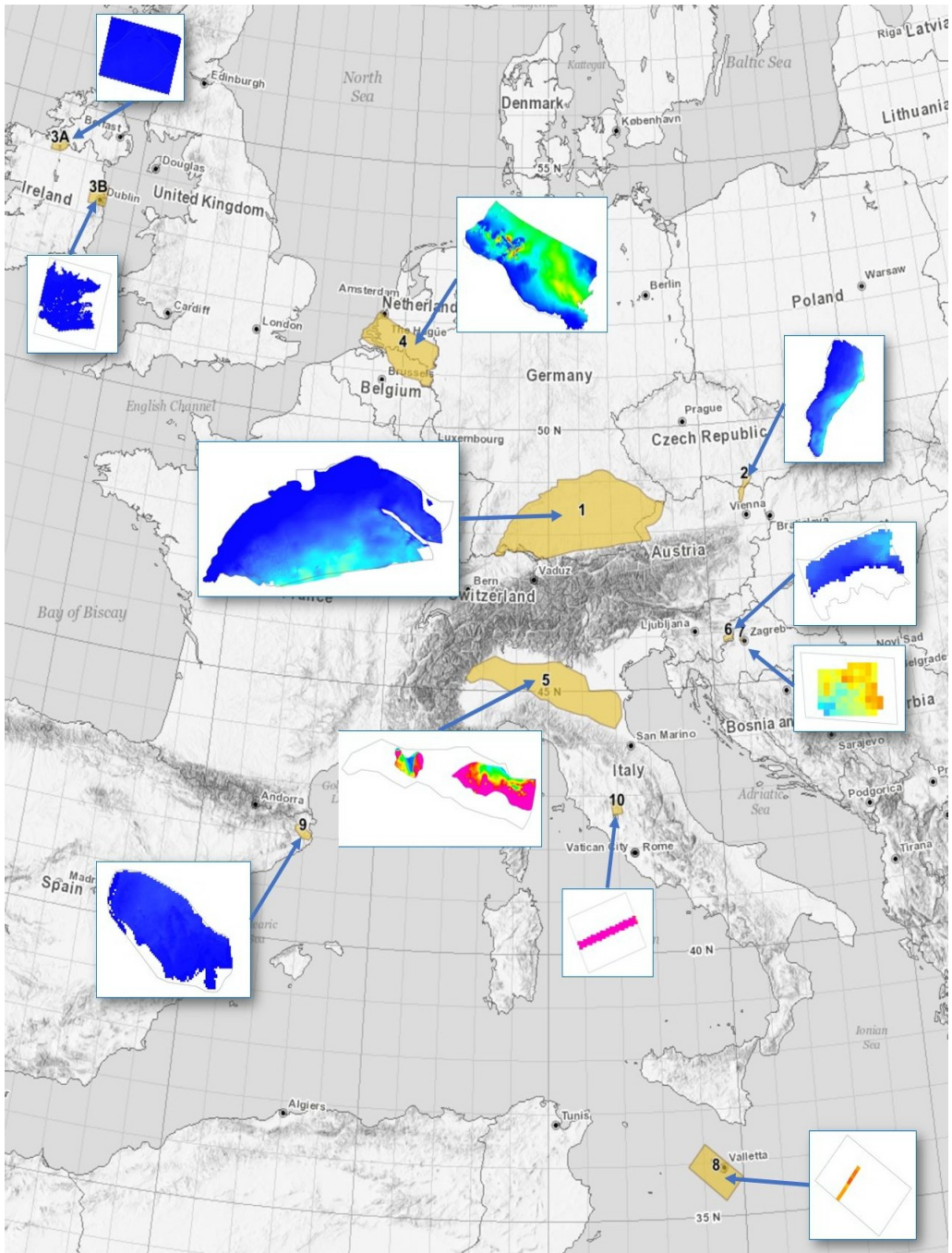
## **6-Conclusions and progress**

The ERA-NET co-financing action of 32 European countries led to the establishment of the European research area on geological surveys to provide a geological service for Europe (GeoERA). GeoERA consisted of 15 projects lasting 3 years and was launched in July 2018. The final online conference was held in January 2022 and the results of all projects were presented and discussed with a large group of stakeholders.

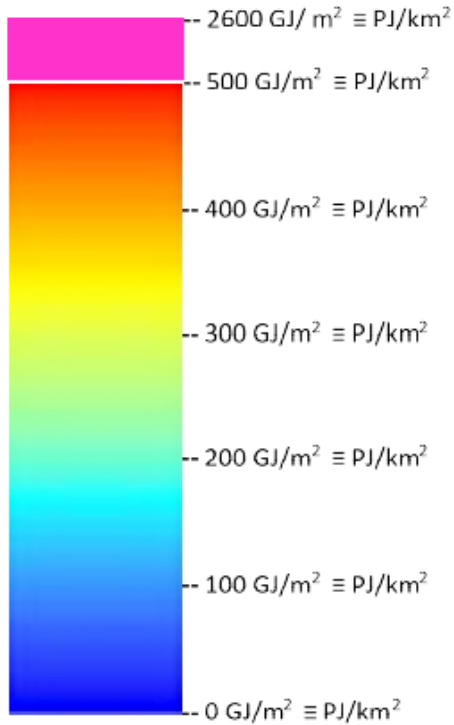
All the complete GIS viewer projects are available at <https://geoera.eu> and a short video describes the mega project <https://youtu.be/zqBpqpDmCQA>.

With the Hotlime project, the atlas of the geothermal basins of carbonate rocks throughout Europe was obtained for 11 study areas. For all areas, spatial evaluations were made in 500 x 500m raster cells.

The evaluation of the quantity of stored heat, that is the maximum theoretically extractable thermal energy in the reservoir, is one of the main results of the mapping and characterization of the deep carbonate reservoirs of HotLime. For its direct comparison, this map shows the volumetric Heat in Place expressed in GJ/m<sup>2</sup> (10<sup>9</sup> J/m<sup>2</sup>) calculated for volumes of 500 mx 500 m gross tank thickness [m] and the reference temperature Tref = 18°C. Taking into account national starting conditions, the Heat in Place maps are not intended to offer instructions for project developers to build geothermal wells, but to indicate the overall potential of a region and identify areas for further localized investigations for geothermal exploration with promising values.

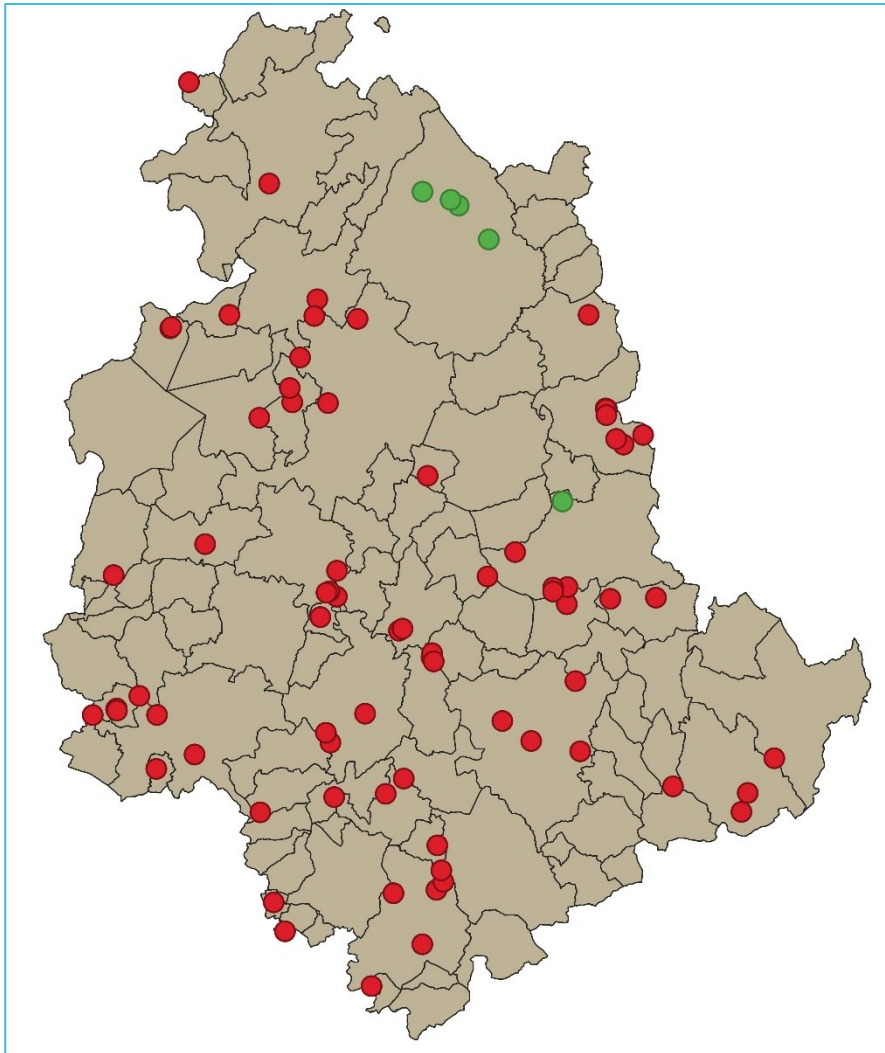




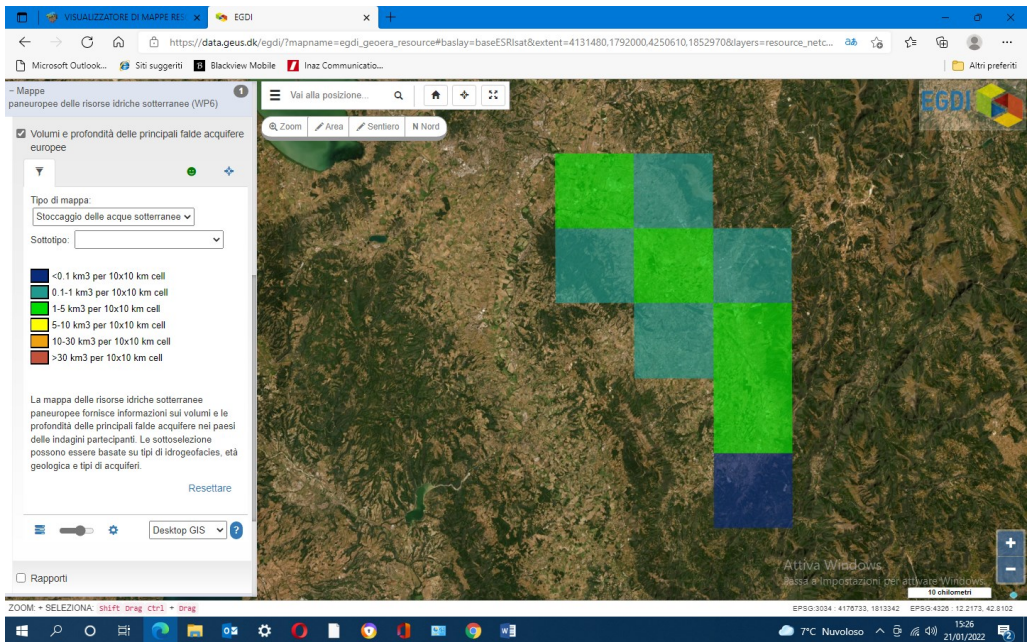
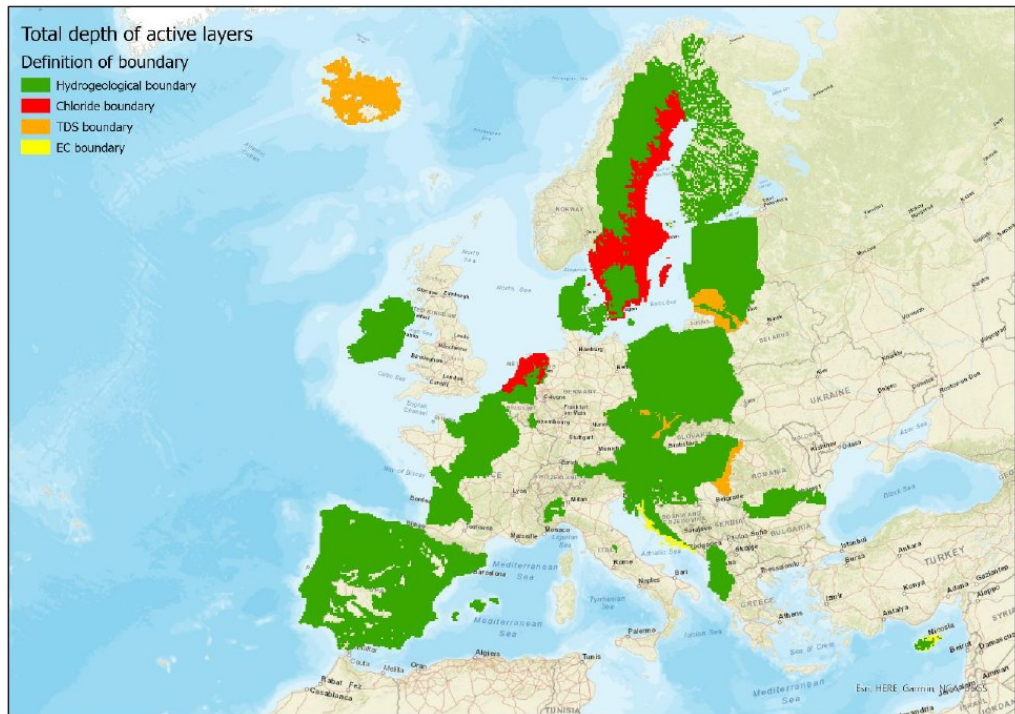


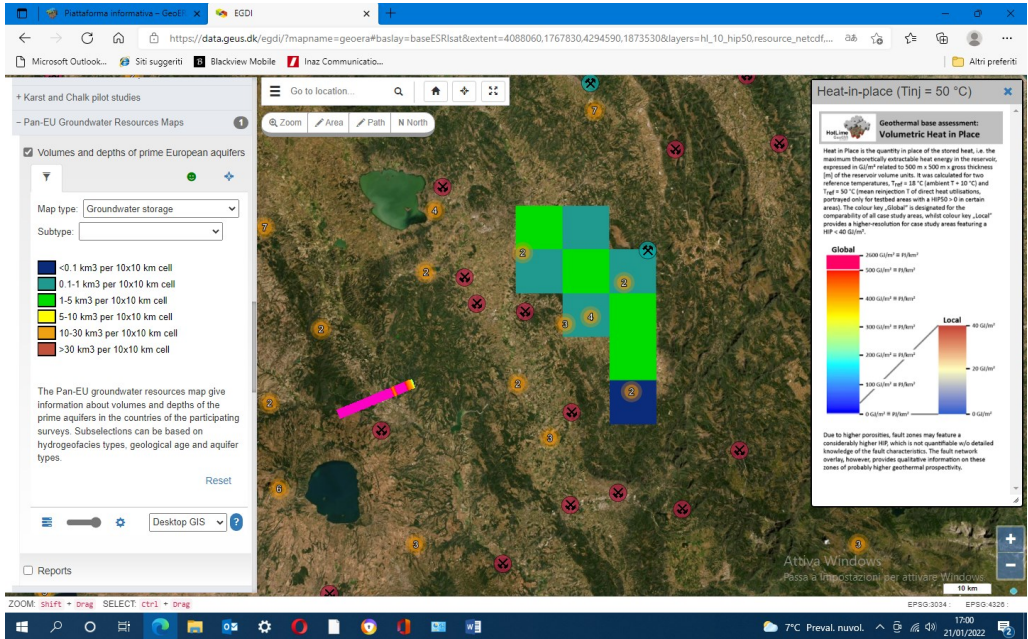
With the Mintell4EU project it was possible to obtain data on the production and trade of mineral raw materials for 40 European countries, exploration data for 7 European countries available for research purposes, problem solving for planning, programming and design activities on a regional, national and European scale. The Geological Office of the Umbria Region has prepared a specific addition to the database, in compliance with the INSPIRE legislation, and this integrated database is one of the results of the project. For all the Umbrian mining sites, the integrated database now has a wealth of information ranging from the lithological description to the natural radioactivity content of the raw materials as well as of all the rocks present in Umbria. This information is available to the community and can also be used by all commercial operators.





With the Resource project it was possible to obtain a standardization of the ways of representing groundwater as a resource at pan-European level for the areas under analysis. For the Valle Umbra, information is now available regarding the strategic resource of the underground waters of the Umbrian valley (quantity, depth, transmittivity, etc.).





For all 3 projects, the results obtained make it possible to further expand in the future the mappings and characterizations with the same methodologies recognized at European level by the EC.