

PARTE III. ANALISI DELLE POTENZIALITA' DELLA GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA IN PROVINCIA DI TORINO

I sistemi a circuito chiuso

Calcolo del flusso di calore richiesto dall'edificio

All'interno del "**Calcolatore di campi**", spuntare "**Crea un nuovo campo**", di tipo decimale, denominandolo P100 e aggiungere nella sezione "**Espressione**" il seguente script: [Erichiesta/2562]. L'energia richiesta è corrispondente al fabbisogno di energia termica dell'edificio.

Calcolo della permeabilità superficiale

Partendo dal vettoriale relativo ai pozzi localizzati nel territorio della Provincia di Torino, all'interno del quale sono stati rilevati alcuni dati in modo puntuale, si è proceduto all'interpolazione dei valori di permeabilità. In particolare è stato scelto il metodo di interpolazione TIN - Triangulated Irregular Network.

In Quantum GIS utilizzare il modulo "**Interpolazione**" all'interno del menu "Raster", impostando come vettoriale in input il dataset "*qspecifica_sup*", definendo la colonna "*K_M_S*" quale fonte dei dati puntuali di input (attributo di interpolazione) e scegliendo come metodo di interpolazione "**Interpolazione triangolare**". Denominare il raster di output "*permeabilità_raster*".

In seguito importare il raster in GRASS GIS utilizzando il modulo **r.in.arc**.

La permeabilità superficiale permette di calcolare il tipo di terreno presente:

TIPO DI TERRENO	k (m/s)
Ghiaia pulita	$10^{-2} - 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} - 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} - 10^{-4}$
Limo e sabbia argillosa	$10^{-9} - 10^{-5}$
Limo	$10^{-8} - 10^{-6}$
Argilla omogenea sotto falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} - 10^{-4}$
Roccia non fessurata	$10^{-12} - 10^{-10}$

Noto il tipo di terreno si possono porre in relazione la permeabilità idraulica e la conducibilità termica al fine di ricavare un possibile intervallo della resa (W/m), che

nel nostro caso è stato posto uguale a: $35 \text{ [W/m]} < \text{resa} < 60 \text{ [W/m]}$. Per un sottosuolo sabbioso-ghiaioso la resa varia molto a seconda che il terreno sia asciutto o bagnato. Si ipotizza pertanto una conducibilità di 35 W/m per il sottosuolo asciutto e di 60 W/m per il sottosuolo bagnato.

Calcolo dello spessore del terreno insaturo (asciutto)

Partendo dal vettoriale relativo alle isolinee della soggiacenza localizzate nel territorio della Provincia di Torino e dal loro valore rispetto al piano campagna, si è proceduto alla loro interpolazione. In particolare è stato scelto il metodo di interpolazione spline regolarizzata.

In Grass Gis utilizzare il modulo **v.surf.rst**, impostando come vettoriale in input il dataset "*analisi_soggiacenza*", definendo la colonna "*VALORE*" quale fonte dei dati di input e mantenendo il valore standard di smoothing e tension. Denominare il raster di output "*soggiacenza_raster*".

In seguito utilizzare il modulo **r.mapcalc**, per eliminare gli eventuali valori negativi risultanti dall'interpolazione. Porre i valori <0 pari a 0, utilizzando la funzione **if(x,a,b,c)**.

Calcolo del raster "*base_acquifero_superficiale*". Partendo dal vettoriale relativo alle isolinee della base dell'acquifero superficiale localizzate nel territorio della Provincia di Torino e dal loro valore sul livello del mare, si è proceduto alla loro interpolazione. In particolare è stato scelto il metodo di interpolazione spline regolarizzata.

In Grass Gis utilizzare il modulo "**v.surf.rst**", impostando come vettoriale in input il dataset "*base_acquifero*", definendo la colonna "*VALORE*" quale fonte dei dati di input e mantenendo il valore standard di smoothing e tension. Denominare il raster di output "*base_acquifero_raster*".

Calcolo del raster "*piano_campagna_raster*". Partendo dal vettoriale relativo ai punti quotati localizzati nel territorio della Provincia di Torino e dal loro valore sul livello del mare, si è proceduto alla loro interpolazione. In particolare è stato scelto in Quantum GIS il metodo di interpolazione TIN - Triangulated Irregular Network.

In seguito è stato importato il raster in GRASS GIS utilizzando il modulo **r.in.arc**.

Calcolo del raster "*Xb*". Per calcolare il terreno insaturo posto sotto la falda, è stato sottratta alla base dell'acquifero la differenza tra il piano campagna ed il valore del tratto di sottosuolo considerato nel calcolo. Nel nostro caso, i calcoli sono stati reiterati ogni 10 metri fino a 100 metri di profondità.

In Grass Gis utilizzare il modulo **r.mapcalc**, inserendo nella sezione "Espressione" il seguente script: ["base_acquifero_superficiale - (piano_campagna_raster - l)"]. Denominare il raster di output "Xb". In seguito utilizzare il modulo **r.mapcalc**, per eliminare gli eventuali valori negativi risultanti dalla sottrazione. Porre i valori <0 pari a 0, utilizzando la funzione **if(x,a,b,c)**.

Se il valore di x_B risulta uguale a zero significa che non è presente sottosuolo asciutto sotto la falda, entro il limite fissato l.

Utilizzando i raster "soggiacenza_raster" e "Xb" si è proceduto alla loro somma, al fine di calcolare il tratto di sottosuolo privo di falda.

In Grass Gis utilizzare il modulo **r.mapcalc**, inserendo nella sezione "Espressione" il seguente script: ["soggiacenza_raster" + "Xb"]. Denominare il raster di output "X". Quest'operazione deve essere ovviamente ripetuta per ciascun raster "Xb" calcolato ogni 10 metri di profondità.

In seguito utilizzare il modulo **r.mapcalc**, per eliminare gli eventuali valori superiori ad l risultanti dalla somma della soggiacenza e di Xb. Porre i valori >l pari a l, utilizzando la funzione **if(x>l,l,x)**.

Il calcolo della resa del sottosuolo

Utilizzando i raster "X", calcolati ogni 10 metri di profondità, si è proceduto al calcolo dell'algoritmo $\theta_{media} = (35 * x + 60 * (1-x)) / l$, al fine di calcolare la resa media del sottosuolo.

In Grass Gis utilizzare il modulo r.mapcalc, inserendo nella sezione "Espressione" il seguente script: [(("X" * 35 + (1 - "X")*60)/l)]. Eseguire la stessa operazione per ciascuna profondità considerata. Denominare il raster di output "resa". Nota la resa del sottosuolo privo di falda e con falda è possibile calcolare la resa per ogni valore di profondità l preso di volta in volta in considerazione.

Calcolo della profondità del pozzo necessario

1° step: calcolo del raster "potenza_termica_richiesta". Partendo dal vettoriale relativo agli edifici residenziali della Provincia di Torino e dal loro valore di potenza termica richiesta calcolata in precedenza, si è proceduto alla loro rasterizzazione.

In Grass Gis utilizzare il modulo "**v.to.rast**", impostando come vettoriale in input il dataset "edifici_residenziali" e definendo la colonna "P100" quale fonte dei dati di input. Denominare il raster di output "potenza_termica_richiesta".

2° step: calcolo della lunghezza della sonda "l".

In Grass Gis utilizzare il modulo *r.mapcalc*, inserendo nella sezione "Espressione" il seguente script:

```
[if(resa10*10>potenza_termica_richiesta,10,if(resa20*20>potenza_termica_richiesta,20,if(resa30*30>potenza_termica_richiesta,30,if(resa40*40>potenza_termica_richiesta,40,if(resa50*50>potenza_termica_richiesta,50,if(resa60*60>potenza_termica_richiesta,60,if(resa70*70>potenza_termica_richiesta,70,if(resa80*80>potenza_termica_richiesta,80,if(resa90*90>potenza_termica_richiesta,90,if(resa100*100>potenza_termica_richiesta,100,100)))))))]].
```

Denominare il raster di output "I".

I sistemi a circuito aperto

Calcolo della potenza massima richiesta dall'edificio

1° step: calcolo del coefficiente volumico di dispersione termica associato al volume dell'edificio.

All'interno del "**Calcolatore di campi**", spuntare "Crea un nuovo campo", di tipo decimale, denominandolo Cg*V e aggiungere nella sezione "Espressione" il seguente script: $[Erich_Wh/2617 *14]$ (solo per il Comune di Torino). Erich_Wh corrisponde al fabbisogno di energia termica dell'edificio.

2° step: calcolo della potenza massima richiesta

All'interno del "calcolatore di campi", spuntare "Crea un nuovo campo", di tipo decimale, denominandolo Fl_max e aggiungere nella sezione "Espressione" il seguente script: $[Cg*V/28]$, utilizzando come dato di input il dato di output del primo step.

Calcolo del flusso geotermico richiesto

All'interno del "**Calcolatore di campi**", spuntare "Crea un nuovo campo", di tipo decimale, denominandolo Fl_50 e aggiungere nella sezione "Espressione" il seguente script: $[Fl_max*0.333]$.

Agli edifici residenziali nei quali vengono applicati i circuiti geotermici open-loop si vuole garantire il soddisfacimento del 50% del fabbisogno termico annuale. Si ipotizza che un sistema di riscaldamento tradizionale risponda alla restante domanda di energia.

Calcolo della portata desiderata nell'edificio

All'interno del "**Calcolatore di campi**", spuntare "*Crea un nuovo campo*", di tipo decimale, denominandolo "*Port_des*" e aggiungere nella sezione "*Espressione*" il seguente script: [$F150 / (4186 * 5)$].

Calcolo della portata della falda superficiale

Partendo dal vettoriale relativo ai pozzi localizzati nel territorio della Provincia di Torino, all'interno del quale sono stati rilevati alcuni dati in modo puntuale, si è proceduto all'interpolazione dei valori di portata lineare. In particolare è stato scelto il metodo di interpolazione TIN - Triangulated Irregular Network.

In Quantum GIS utilizzare il modulo "**Interpolazione**" all'interno del menu "Raster", impostando come vettoriale in input il dataset "*qspecifica_sup*", definendo la colonna "*QSP_L_S_M*" quale fonte dei dati puntuali di input (attributo di interpolazione) e scegliendo come metodo di interpolazione "*Interpolazione triangolare*". Denominare il raster di output "*portata_lineare_raster*".

In seguito importare il raster in GRASS GIS utilizzando il modulo **r.in.arc**.

Calcolo della profondità del pozzo

1° step: vettorializzazione del raster relativo alla portata della falda superficiale.

Utilizzando lo strumento "**Poligonizzazione**" all'interno del menu "Conversione - Raster" creare un dato vettoriale relativo alla portata della falda. Inserire come dato di input il raster "*portata_lineare_raster*" e denominare il file di output "*portata_shp*".

2° step: associare i valori di portata della falda agli edifici residenziali.

Utilizzando lo strumento "**Unisci attributi per posizione**" associare i valori contenuti nello shapefile "*portata_shp*" alla tabella degli attributi degli edifici residenziali. Creare quindi una nuova colonna denominata "*portata_f*".

3° step: calcolo della profondità del pozzo .

All'interno del "**Calcolatore di campi**", spuntare "*Crea un nuovo campo*", di tipo decimale, denominandolo "*L_ol*" e aggiungere nella sezione "*Espressione*" il seguente script: [$Port_des/portata_f$].

Calcolo della profondità utile della falda

1° step: calcolo del raster "*piano_campagna_raster*". Quest'operazione è stata già effettuata in precedenza.

2° step: calcolo del raster "*Piano limite*". Partendo dal raster generato nel 1° step si è proceduto alla sottrazione del valore standard di massima profondità dello scavo (40 metri) dai valori del piano campagna.

In Grass Gis utilizzare il modulo *r.mapcalc*, inserendo nella sezione "*Espressione*" il seguente script: [*piano_campagna_raster* - 40]. Denominare il raster di output "*piano_limite_raster*".

3° step: calcolo del raster "*piezometria_raster*". Partendo dal vettoriale relativo alle isolinee piezometriche localizzate nel territorio della Provincia di Torino e dal loro valore sul livello del mare, si è proceduto alla loro interpolazione. In particolare è stato scelto il metodo di interpolazione spline regolarizzata.

In Grass Gis utilizzare il modulo *v.surf.rst*, impostando come vettoriale in input il dataset "*analisi_piezometria*", definendo la colonna "*VALORE*" quale fonte dei dati di input e mantenendo il valore standard di smoothing e tension. Denominare il raster di output "*piezometria_raster*".

4° step: calcolo del raster "*l_disponibile_raster*". Partendo dai raster generati nel 2° e 3° step si è proceduto alla sottrazione dei valori del piano limite dai valori della piezometrica.

In Grass Gis utilizzare il modulo *r.mapcalc*, inserendo nella sezione "*Espressione*" il seguente script: [*piezometria_raster* - *piano_limite_raster*]. Denominare il raster di output "*l_disponibile_raster*".

In seguito utilizzare il modulo *r.mapcalc*, per eliminare gli eventuali valori negativi risultanti dalla sottrazione. Porre i valori <0 pari a 0, utilizzando la funzione *if(x,a,b,c)*.

Eliminare inoltre i valori superiori a 40 metri, utilizzando lo stesso modulo.

Calcolo della profondità totale del pozzo

1° step: Partendo dal vettoriale relativo alle isolinee della soggiacenza localizzate nel territorio della Provincia di Torino e dal loro valore rispetto al piano campagna, si è proceduto alla loro interpolazione. In particolare è stato scelto il metodo di interpolazione spline regolarizzata.

In Grass Gis utilizzare il modulo *v.surf.rst*, impostando come vettoriale in input il dataset "*analisi_soggiacenza*", definendo la colonna "*VALORE*" quale fonte dei dati di

input e mantenendo il valore standard di smoothing e tension. Denominare il raster di output "*soggiacenza_raster*".

In seguito utilizzare il modulo *r.mapcalc*, per eliminare gli eventuali valori negativi risultanti dall'interpolazione. Porre i valori <0 pari a 0, utilizzando la funzione *if(x,a,b,c)*.

2° step: vettorializzazione del raster relativo alla profondità della zona insatura (soggiacenza).

Utilizzando lo strumento "*Poligonizzazione*" all'interno del menu "Conversione - Raster", in Quantum GIS, creare un dato vettoriale relativo alla profondità della zona insatura. Inserire come dato di input il raster "*insaturo_raster*" e denominare il file di output "*insaturo_shp*".

3° step: associare i valori della zona insatura agli edifici residenziali.

Utilizzando lo strumento "*Unisci attributi per posizione*" associare i valori contenuti nello shape file "*insaturo_shp*" alla tabella degli attributi degli edifici residenziali. Creare quindi una nuova colonna denominata *insaturo*.

4° step: calcolo della profondità totale del pozzo .

All'interno del "*Calcolatore di campi*", spuntare "*Crea un nuovo campo*", di tipo decimale, denominandolo "*prof_tot_ol*" e aggiungere nella sezione "*Espressione*" il seguente script: [*insaturo + L_ol*].