

# El potencial energètic del subsòl del Principat d'Andorra

*Avaluació preliminar de la conductivitat tèrmica en funció de la litologia i de la conductivitat elèctrica*

**Valentí Turu i Michels**



Tot i la important varietat de roques presents al Principat d'Andorra cap no presenta un interès energètic. La geologia andorrana no és favorable a la presència de minerals radioactius d'aprofitament energètic, no existeixen minerals carbonosos susceptibles de ser explotats (carbó mineral), tot i que a mitjan segle passat a l'Alt Urgell fou explotat un jaciment de lignits per la tèrmica d'Adrall; tampoc l'estructura interna del subsòl d'Andorra no ha permès l'emmagatzematge de gas o petroli. Únicament l'aprofitament de les manifestacions hidrotermals tenen i han tingut una utilitat econòmica, centrada en Escaldes (antiga fàbrica de llana, calefacció i aigua d'ús sanitari, termes terapèutiques i lúdiques). No obstant això, l'aprofitament geotèrmic està tenint recentment un caràcter més generalitzat arreu del Principat, fet que comporta un estalvi energètic d'electricitat (refrigeració) o de gasoil (calefacció i aigua calenta) per a immobles.

Etimològicament la geotèrmia fa referència a la calor interna de la Terra, atès que el nostre planeta és una font de calor que irradia de forma contínua energia calorífica a l'espai. Coneguda des de l'antiguitat per l'aprofitament que les diferents cultures n'han fet (p. e. hidrotermalisme), la seva mesura s'expressa per l'increment de temperatura en funció de la profunditat (gradient geotèrmic), que per terme mitjà seria de 2,5°C a 3,0°C cada 100 m de profunditat. Amb l'objectiu de poder efectuar un estudi comparatiu del potencial geotèrmic del Principat s'ha exclòs l'avaluació del jaciment geotèrmic hidrotermal d'Escaldes; únicament s'ha tractat el cas de la propagació de calor per conducció.

Sense entrar en l'estructura interna del planeta afegiré que aquesta energia assoleix la superfície amb major o menor intensitat (flux calorífic) en funció de la natura i la composició de les capes de la Terra; i s'expressa com el producte entre el gradient geotèrmic i la conductivitat tèrmica:

$$W = -k \Delta T / \Delta z$$

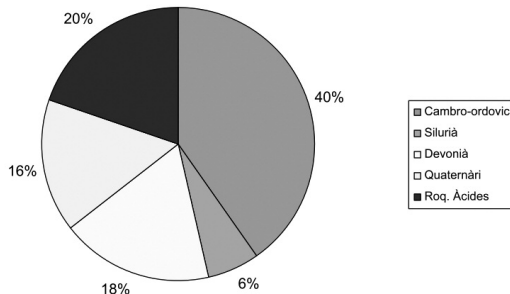
- On:  $\Delta T / \Delta z$  = És el gradient geotèrmic  
 $k$  = Conductivitat tèrmica (en  $W m^{-1} K^{-1}$ )  
 $W$  = Calor per unitat de temps i de superfície (en  $W/m^2$ )

El gradient geotèrmic varia geogràficament (en funció del context tectònic) i la conductivitat tèrmica varia en fondària (en funció de la natura dels terrenys geològics). A manca d'estudis sobre aquesta qüestió, la variació del gradient geotèrmic d'Andorra es considerarà nul i en el fons de vall no inferior a la de la mitjana mundial ( $1^\circ C$  cada 33 m de fondària), de forma que la variació del flux calorífic estarà en funció de la natura dels terrenys presents al país.

### Distribució dels terrenys geològics al país

Fent ús del mapa geològic d'Andorra editat en suport digital per l'IEA, s'ha efectuat un recompte de les superfícies que ocupen els diferents terrenys geològics al Principat:

PRINCIPALS MATERIALS GEOLÒGICS DEL PRINCIPAT



La divisió s'ha efectuat en funció de grups litoestratigràfics que presenten característiques geològiques comunes. Els materials del cambroordovicià estan formats bàsicament per pissarres i esquists; els materials del silurià estan formats per pissarres amb un alt contingut en grafit; els materials del devonià estan formats per calcoesquists, i les roques àcides estan formades bàsicament per granits i gneissos. Finalment els materials mobles del quaternari són el producte de l'erosió dels anteriors i bàsicament presents als fons de vall.

Pel que fa a la conductivitat tèrmica d'aquests materials, cal fer esment que és important subdividir-los en terrenys rocosos i terrenys mobles. Aquests darrers no acostumen a presentar importants gruixos a excepció del conegut cas del fons de vall d'Andorra la Vella i Escaldes, on la Borda Mateu presenta una gruix de sediments saturats

de més de 120 m. Pel que fa als terrenys rocosos, és important subdividir-los en terrenys cristal·lins i terrenys metasedimentaris. A partir de les relacions existents entre la conductivitat elèctrica (sondatges elèctrics verticals) i la conductivitat tèrmica, hom ha elaborat la següent taula de conductivitats tèrmiques:

Terrenys mobles		Terrenys rocosos			
No saturats	Saturats	Metasedimentaris			Cristal·lins
		Cambroordovicià	Silurià	Devonià	Granits i gneis
0,56	2	1,4	2,5	2	3,5
$k$ (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )					

Amb aquestes conductivitats tèrmiques exclusivament el Principat no és apte per a l'explotació geotèrmica per generar electricitat, cal un gradient geotèrmic més important i un flux d'aigua transmissor de calor (manifestacions hidrotermals). Això no obstant, aquests requisits sí que són presents a Escaldes i probablement a l'Obac d'Andorra la Vella. Així doncs l'aprofitament geotèrmic al Principat és d'especial interès per a l'estalvi energètic per a calefacció d'habitatges i aigua calenta.

### Contribució de la geotèrmia a l'estalvi energètic

El millor exemple de les potencialitats de l'estalvi energètic que pot oferir la geotèrmia és el del cas aplicat a habitatges. Per la configuració i climatologia del país la instal·lació de pous de baixa entalpia resulta la millor solució per a l'aprofitament de l'energia geotèrmica. Aquesta instal·lació consisteix en perforacions d'una o poques centenes de metres que permetrà, mitjançant un fluid conductor i que transporta la calor, augmentar la temperatura del circuit mitjançant la del subsòl. L'equació que regeix aquest aprofitament del subsòl es basa en la conducció de la calor:

$$T = (G / 2k) z^2 + Co z + To$$

on: T = temperatura

G = calor generada en un m<sup>3</sup> de subsòl per segon

k = conductivitat tèrmica

z = profunditat del pou

Co = gradient geotèrmic

To = temperatura de la superfície del sòl

Per exemple, si es considera un model de subsòl format per una única capa de gruix d'uns 100 m, amb la generació de 3 μW/m<sup>3</sup> de calor (un flux de calor de 80 W/m i en una roca de densitat igual a 2,7 g/cc), de conductivitat tèrmica 2,5 Wm<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> i es considera que en superfície el sòl està a uns 0°C i el gradient geotèrmic és de 0,03°C/m, s'obtenen 3°C sense aportar energia suplementària:

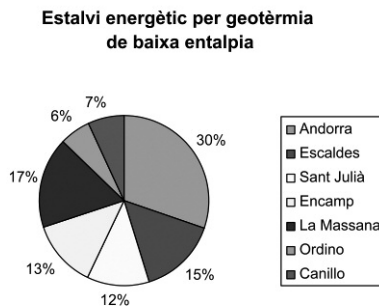
$$T = - \{ (3 * 10^{-6}) / (2 * 2,5) \} * 100^2 + 0,03 * 100 + 0 = 3^{\circ}\text{C}$$

Pel que fa als consums, l'augment d'un grau de temperatura ambient els mesos d'hivern pot representar, seguint una regressió lineal, entre 180 i 90 litres de gasoil per habitatge (unifamiliar o col·lectiu), fet que representa unes emissions mitjanes de CO<sub>2</sub> al país de 362 kg (uns 2,68 kg de CO<sub>2</sub> per litre de gasoil). Això no obstant, l'estalvi energètic aplicant la geotèrmia de baixa entalpia pot ser del voltant d'1/3, fet que pot implicar un estalvi d'uns 1.200 kg de CO<sub>2</sub> en l'assoliment de la temperatura de confort (de 15°C a 25 °C) per habitatge.

### Aplicació de la geotèrmia a Andorra, conclusions

Atès que els estalvis energètics estan en funció de les característiques geològiques del subsòl, s'ha efectuat un càlcul de la distribució dels diferents terrenys geològics en zona urbana per parròquies utilitzant la cartografia digital d'usos del sòl de l'IEA. La majoria de parròquies presenten materials mobles; Andorra la Vella és la que més abundància en presenta i Canillo la que menys. Respecte a les roques cristal·lines, Andorra i Escaldes-Engordany són les que més abundància en presenten, mentre que les roques metasedimentàries són presents a Encamp, la Massana, Ordino, Sant Julià de Lòria i Canillo.

Un cop coneguda la distribució dels materials geològics per cada parròquia en zona urbana s'ha efectuat, de forma relativa, un càlcul aproximatiu de l'estalvi energètic que pot suposar l'aplicació de la geotèrmia al Principat.



A partir d'aquesta figura es pot dir que pràcticament la meitat de l'estalvi energètic es produiria en el conjunt Andorra la Vella-Escaldes-Engordany. Aquesta aproximació és especialment interessant vist que, gràcies a la configuració geològica d'Andorra, l'àrea on es produiria el major estalvi energètic coincidiria on hi ha la major concentració de població.

**Valenti Turu i Michels**

*Llicenciat en ciències geològiques per la UAB*