



13.5 EXERCICES DE GÉOTHERMIE HAUTE ÉNERGIE_SOLUTIONS

Exercice 13.5.a : Projet Hinton en Alberta

Hinton en Alberta a un projet géothermique de haute énergie qui consiste à transformer un puits pétrolier de 5km de profondeur environ en puits géothermique afin d'éviter le coût de forage. La ville souhaite ainsi fournir en électricité plusieurs bâtiments pour le chauffage et l'électricité du centre-ville d'Hinton, anciennement fournis en énergie par une centrale comportant des turbines à combustion à cycle combiné au gaz naturel.

Pour répondre aux questions suivantes, veuillez considérer que :

- 1 USD = 1.26477 CAD ;
- Nombre de bâtiments chauffés par la géothermie = 15;
- Énergie thermique requise par bâtiment = 250 000 kWh th en moyenne annuellement
- Énergie électrique requise par bâtiment = 150 000 kWh e en moyenne annuellement
- LHV gaz naturel = 37,89 MJ/m³ ;
- Prix du gaz naturel = 0,4 CAD/m³ ;
- Efficacité de conversion de la turbine à gaz = 30% en électricité + 32% en chaleur, 62% total
- Investissement initial = 12 millions CAD (incluant le coût de forage) ;
- Subvention = 1,2 millions CAD ;
- Coûts d'opération de la centrale au gaz = 160 000\$/an
- Coûts d'opération de la centrale géothermique = 290 400\$/an
- Gradient de température moyen sur le site = 4,5°C/ 100 m
- Prix de revente de l'électricité au marché = 0,12 CAD/kWh.

QUESTIONS

Question 1 : Quel est le coût de forage d'un tel puits en \$CAD ?

Question 2 : Quelle est la température au fond du puits théoriquement atteignable pour cette profondeur?

Question 3 : Quel est le coût annuel en gaz naturel des bâtiments ?

Question 4 : Quel est la période de retour sur investissement (PRI) simple du projet avec et sans subvention?

Question 5 : En considérant le coût de forage estimé, quelle serait la nouvelle PRI simple du projet si on avait à forer le puits?

Question 6 : L'électricité produite au GN est-elle compétitive avec le prix du marché?

REPONSES

Question 1 : Quel serait le coût de forage d'un tel puits (les coûts évités par l'emploi d'un ancien puits pétrolier) ?

Le puits a une profondeur de 5000m. Avec la formule approximative présentée dans le cours (thème 13.5) on trouve :
 $CUE = 0.2 * \exp(0.00075 * z) = 8.504$ millions de USD

Or, nous sommes à Hinton en Alberta, au Canada. Donc, il faut convertir en CAD :

$CCA = CUE * 1.26477 = 10.76$ millions de CAD

C'est un coût approximatif mais qui donne une bonne idée de la part importante du forage dans l'investissement initial d'un projet géothermique de haute énergie. L'idée, lorsque possible, de recycler un ancien puits est donc excellente.

Question 2 : Quelle est la température au fond du puits théoriquement atteignable pour cette profondeur ?

Dans le cours (thème 13.5) on indique que le gradient de température est de 2-3°C tous les 100m. Mais ici, on spécifie que pour le site de Hinton ce gradient est de 4,5°C/ 100 m, Donc, avec un puits de 5 000m et par une simple multiplication on obtient une température théorique de **225°C** ($4,5 * (5000/100)$). Plausible.

Question 3 : Quel est le coût annuel en gaz naturel des bâtiments ?

Les bâtiments consomment l'électricité produite par les turbines et la chaleur du cycle combiné.

CHALEUR :

On sait que les bâtiments consomment par an : $E_{th} = E_{bat,th} * n * 3.6$ (MJ/kWh) = $250\ 000 * 15 * 3.6 = 1.35E7$ MJ. Comme le rendement thermique est de 32%, il faut $E_{gth} = E_{th} / 0,32 = 4.219E7$ MJ de gaz pour fournir cette énergie.

ÉLECTRICITÉ :

On sait que les bâtiments consomment par an : $E_e = E_{bat,e} * n * 3.6$ (MJ/kWh) = $150\ 000 * 15 * 3.6 = 0.81E7$ MJ. Comme le rendement de conversion électrique est de 30%, il faut $E_{ge} = E_e / 0,30 = 2.70E7$ MJ de gaz pour fournir cette énergie.

GAZ :

Il faut alors retirer de la combustion du gaz $E = E_{gth} + E_{ge} = 6.919E7$ MJ. Avec son LHV de 37,89 MJ/m³, il faut alors 1.826Mm³ de gaz par an qui coûtent au total, à 0.45\$/m³, 730 400\$/an.

Question 4 : Quelle est la période de retour sur l'investissement (PRI) simple du projet ?

Les économies annuelles sont de (ancien coût – nouveau coût) = $730\ 400\$ + 160\ 000\$ - 290\ 400 = 600\ 000\$$ CAD.

Le coût en capital sans avoir à creuser le puits est de 12 M\$ CAD.

La PRI est le rapport CAPEX/économie dans une analyse qui néglige le coût des emprunts, l'inflation, etc.

$PRI = 12M\$ / 600\ 000\$ = 20$ ans sans subvention

$PRI_{sub} = (12 - 1.2)M\$ / 600\ 000\$ = 18$ ans.

Question 5 : En considérant le coût de forage estimé, quelle serait la nouvelle PRI simple du projet si on avait à forer le puits?

$PRI_{puits} = ((CAPEX - SUBV + CCA) / \text{Économies}) = 37,93 = 38$ ans. Le forage est donc un facteur prépondérant.

Question 6 : L'électricité produite au GN est-elle compétitive avec le prix du marché?

On sait que les bâtiments consomment par an : $E_e = E_{bat,e} = 150 * 15 = 2\ 250$ MWh. A 0,12\$/kWh ça coûte alors 270 000\$/an. Cependant, $2,70E7$ MJ/LHV * $C_{gn} = 285\ 000\$$. Avant d'installer la géothermie on pourrait penser à acheter l'électricité plutôt que de la générer avec des turbines à gaz. Il faudrait faire une analyse semblable pour la chaleur.