



## Utilización de energía térmica en la región de Podhale

### *Przesiębiorstwo Energetyki Ciepłej*

### *GEOTERMIA Podhalańska Spółka Akcyjna, Polonia*

#### Resumen

Los principales componentes de este proyecto de energía son los siguientes:

#### A. Producción y transmisión de calor:

- siete pozos geotérmicos: tres para producción y cuatro para reinyección; los pozos de producción extraen aguas geotérmicas de baja entalpía (~ 85 a 87,5 °C de temperatura) en la cuenca de Podhale para cubrir la demanda de base de calor en toda la zona del proyecto;
- una central de calefacción urbana geotérmica de carga base, con una capacidad de entre 38 y 43 MWt y capaz de generar 1015 TJ anuales de calor geotérmico;
- dos calderas de agua caliente alimentadas con gas y una estación de reducción de presión de la red de gas; la planta presenta una capacidad total de 33 MW y genera 355 TJ anuales de calor, de los cuales el 60% está producido mediante gas y el 40% mediante la extracción de calor adicional de las aguas geotérmicas;
- una planta de gas natural de carga punta de 48 MW<sub>t</sub> en Zakopane (22 MW<sub>t</sub>) y una planta similar en Nowy Targ (14 MW<sub>t</sub> previstos), para la producción combinada de unos 73 TJ anuales de calor;
- adquisición a pequeña escala de tierras para sitios nuevos de perforación, construcción de edificios nuevos y ampliación de los edificios existentes para las instalaciones de producción.



Ubicación de los pozos geotérmicos en el valle de Podhale. Barrenos rojos: pozos existentes; barrenos amarillo: pozos previstos

#### B. Desarrollo de una red de distribución de calor:

- construcción de una nueva red de distribución de calor (unos 80 km) para la zona de Podhale y conexión de los clientes con esta red;
- construcción de la infraestructura de calefacción urbana en Podhale: 20 km de tuberías nuevas para la distribución de agua caliente, dos gasoductos, conexiones eléctricas y estaciones de bombeo.

**C. Instalación de intercambiadores de calor y medidores** en los hogares y otros edificios; esta fase también incluye el suministro de diversas herramientas y vehículos a la empresa instaladora.

#### Campo del usuario final

Construcción de obra nueva  
Reacondicionamiento de edificios  
Transporte y movilidad  
Instrumentos financieros  
Industria  
Iniciativas legales (reglamentos, directivas, etc.)  
Planificación  
Comunidades sostenibles  
Conducta de los usuarios  
Enseñanza

#### Destinatarios

Ciudadanos  
Hogares  
Propietarios de inmuebles  
Escuelas y universidades  
Responsables de toma de decisiones  
Autoridades locales y regionales  
Empresas de transporte  
Servicios públicos  
EMSE  
Arquitectos e ingenieros

#### Área técnica

Efic. energética  
Calefacción  
Refrigeración  
Electrodomésticos  
Iluminación  
PCCE  
Calefacción urbana  
Energía solar  
Biomasa  
Energía eólica



Otros

Instituciones financieras

Otros

 Energía geotérmica

 Energía hidráulica

 Otras

## Contexto

El objetivo primordial del proyecto era incrementar el uso de fuentes de energía limpias en la región de Podhale (calor geotérmico y gas natural), con el fin de reducir la contaminación atmosférica producida por las calderas de carbón que se utilizaban como sistema de calefacción de locales en la zona. Para lograrlo, se diseñó este proyecto de calefacción para siete municipios de la región de Podhale, consistente en la construcción de un sistema geotérmico de calefacción urbana complementado con una planta de gas para las cargas punta. De este modo, los sistemas de calefacción de los municipios se conectaron a un sistema CU eficiente alimentado con combustibles limpios y renovables. Tal y como se ha dicho, el fin último de sustituir los combustibles contaminantes era ofrecer un aire más limpio y mayor bienestar a los habitantes de la zona. De hecho, antes de la realización del proyecto ya se había previsto una reducción significativa de las enfermedades respiratorias gracias a la reducción de las emisiones que producen la combustión del carbón y del coque. Asimismo, otro de los argumentos para la realización del proyecto era reducir el daño medioambiental a la biota de los parques nacionales y áreas protegidas colindantes. Además, con esta mejora de la calidad medioambiental de la zona de Podhale se espera incrementar el turismo.

## Objetivos

En la tabla 1 más abajo se resumen todos los objetivos del proyecto.

**Tabla 1: Resumen de los objetivos del proyecto**

Beneficios	Medidos en:	Población diana
Reducción de costes; calor más limpio y mayor bienestar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia mejorada</li> <li>• Reducción de los costes de mano de obra y del combustible, y otros costes de explotación</li> <li>• Inversiones de fondos aplazadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4243 hogares en Zakopane y en pueblos cercanos</li> <li>• 172 clientes grandes en Zakopane y pueblos cercanos</li> <li>• Clientes de la antigua empresa de CU de Zakopane (Tatry)</li> <li>• Clientes de la empresa de CU de Nowy Targ</li> </ul>
Mejora de la calidad del aire y, gracias a ello, mejora de la salud de los habitantes	Reducción de la concentración local de contaminantes atmosféricos, principalmente TSP/PM10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población de los siete municipios, en especial los de Zakopane y Nowy Targ</li> <li>• Turistas de la región de Podhale</li> </ul>
Beneficios generales	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub>	Población general
Demostración de energía geotérmica	Proyecto geotérmico comercial y económicamente viable	Toda Polonia y, en general, Europa Central y del Este



## Proceso

### Fase 1 (1993 – 1995):

- 1.1. Construcción y puesta en marcha de una planta piloto: utilización del primer doblete geotérmico (dos pozos, uno para producción y otro para reinyección, doblete nº 1), en Banska Nizna y Bialy Dunajec.
- 1.2. Conexión de más de 200 hogares a la planta piloto mediante una pequeña red de distribución de CU.

Ventas de 0,1 millón de GJ anuales al final de la fase 1.

### Fase 2 (1996 – 2000):

- 2.1. Perforación de un segundo doblete geotérmico (Banska PGP 1 y Bialy Dunajec PGP 2) (doblete nº 2 a) (completado).
- 2.2. Construcción de una planta geotérmica de carga base en Banska Nizna (completado).
- 2.3. Construcción de 3,5 km de conductos de transporte de CU a Zakopane (completado).
- 2.4. Ampliación de la red de distribución de CU de Bialy Dunajec (completado).
- 2.5. Conversión de los sistemas de calefacción en intercambiadores de calor en 27 hogares de Bialy Dunajec (completado).
- 2.6. Construcción de una planta de cargas punta de 22 MWt alimentada con gas en Zakopane (completado).
- 2.7. Ampliación de la red de distribución de CU de Zakopane (en proceso).
- 2.8. Conversión de nueve calderas de carbón en intercambiadores de calor y conexión a la red de CU (completado).
- 2.9. Conversión de los sistemas de varios clientes grandes y conexión a la red de CU (en proceso).
- 2.10. Ensayos hidrogeológicos en los pozos geotérmicos (en Poronin, Bialy Dunajec, Furmanowa, Chochołow y Banska) para hacer un cálculo de los recursos (completado).
- 2.11. Terminación de la red de transporte de CU a Zakopane (unos 9 km).
- 2.12. Ampliación de la planta de punta de Zakopane a 32 MWt.
- 2.13. Conversión de 18 calderas en intercambiadores de calor y conexión a la red de CU en Zakopane, incorporación de 75 clientes grandes.
- 2.14. Perforación del pozo de inyección PGP 3 (doblete nº 2 b).
- 2.15. Continuación de la red de distribución de CU en Zakopane (unos 2100 clientes).
- 2.16. Construcción de un nuevo edificio de administración.

Venta de 0,7 millones de GJ anuales al final de la fase 2.

### Fase 3 A (2000 – 2001):

- 3.1. Incorporación de un nuevo doblete geotérmico (pozo PGP 4, pozo PGP 5 – doblete nº 3).
- 3.2. Ampliación de las redes de distribución de CU en Koscielisko, Bialy Dunajec y Poronin (3 clientes grandes y unos 130 clientes particulares).
- 3.3. Construcción de una planta de bombeo de calor de absorción, una estación de reducción de presión y dos gasoductos.

Ventas de 0,8 millones de GJ anuales al final de la fase 3A.

### Fase 3 B (2001 – 2004):

- 3.4. Ampliación de la planta de punta de Zakopane a 48 MWt.
- 3.5. Continuación de las redes de distribución de CU en Poronin y Bialy Dunajec (principalmente clientes particulares, unos 1200).

Ventas de 0,9 millones de GJ anuales al final de la fase 3B.

### Fase 4 (2001 – 2004):

- 4.1. Construcción del principal conducto de transporte de CU a Nowy Targ (7 km), 2001.
- 4.2. Construcción de una red de distribución de CU en Szaflary (casi 600 clientes particulares).



Caso de estudio 300: Przesiębiorstwo Energetyki Ciepłej  
GEOTERMIA Podhalańska Spółka Akcyjna, Polonia

- 4.3. Construcción de la planta de base geotérmica de Nowy Targ.  
4.4. Construcción de la planta de punta alimentada con gas de Nowy Targ (14 MW<sub>th</sub>).  
4.5. Ampliación de la red de distribución de CU existente en Nowy Targ (unos 3 km).

Ventas de 1,2 millones de GJ anuales al final de la fase 4.

La realización de la fase 4 se ha suspendido por el momento y no es probable que la red se amplíe en dirección a Nowy Targ. No obstante, han surgido nuevas ideas para la utilización de las infraestructuras, por ejemplo, el uso de las aguas geotérmicas en balnearios en Zakopane y Bańska Nizna. Al revisar las ventas de calor, se ha comprobado que han caído con respecto a las originales.

### Recursos financieros y socios

En 1995, el Banco Mundial se comprometió a participar en el proyecto medioambiental y de calefacción de la región de Podhale, con la concesión de un préstamo por valor de 38,2 millones de USD. Además del Banco Mundial y de otras instituciones nacionales e internacionales de financiación, también entró en el proyecto el Mecanismo Mundial para el Medio Ambiente con una ayuda de 5,5 millones de USD. A la hora de participar, el Mecanismo tuvo en cuenta, sobre todo, la enorme reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se conseguiría mediante la sustitución de los combustibles fósiles por la energía geotérmica. Se calculó que la reducción de las emisiones sería de 110 000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales y de más de 2,6 millones de toneladas en todo el periodo del proyecto.

La ayuda del Mecanismo fue aprobada en el año 2000 basada en una reducción de 2,6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a lo largo de la vida del proyecto, a un coste marginal de unos 3,00 dólares por tonelada. Además, para justificar la ayuda, entre 2001 y 2004 se aplicó un programa de seguimiento y evaluación (S&E).

PEC Geotermia Podhalanska: Plan de financiación para los AÑOS 2000 a 2004					
Partida	Millones PLN			Millones USD	Porcentaje
	Local	Extranjero	Total		
Inversión del proyecto	153,3	94,6	247,9	56,7	80,9%
Costes de financiación	3,2	24,8	28,0	6,2	9,2%
Cambios en el circulante/caja	27,1	-	27,1	5,9	8,8%
Varios	1,2	0,5	1,7	0,5	0,5%
S&E de reducción de GEI	0,8	0,8	1,6	0,4	0,5%
<b>Total</b>	<b>185,5</b>	<b>120,7</b>	<b>306,2</b>	<b>69,6</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente</b>					
Fondos generados internamente	50,1	-	50,1	10,7	15,4%
Fondos propios	7,3	-	7,3	1,7	2,4%
Ayudas	-	80,8	80,8	19,0	27,3%
Phare II	-	45,0	45,0	10,5	15,1%
GEF	-	22,6	22,6	5,4	7,8%
USAID	-	10,5	10,5	2,5	3,6%
DEPA	-	2,6	2,6	0,6	0,9%
Préstamo del BIRF	-	168,0	168,0	38,2	54,9%
<b>Total</b>	<b>57,4</b>	<b>247,7</b>	<b>306,2</b>	<b>69,6</b>	<b>100,0%</b>

### Resultados

En 2003, el sistema de calefacción urbana geotérmica se componía de los siguientes elementos:

#### Red de calefacción urbana (CU):

La red de CU presentaba una longitud total de unos 60 km.



Caso de estudio 300: Przesiębiorstwo Energetyki Ciepłej  
GEOTERMIA Podhalańska Spółka Akcyjna, Polonia

Calderas:

Planta de carga base (PCB) geotérmica: ubicada en Banska Nizna, con la instalación de 3 intercambiadores de calor con una capacidad cada uno de 7,5 MWth. La PCB está situada al lado de los pozos de producción y reinyección, e incluye un sistema de depuración de agua de recirculación, un sistema de expansión y tres bombas de circulación con una capacidad de 470 m<sup>3</sup>/h.

Planta de carga punta (PCP) alimentada con gas:



Ubicada en Zakopane, está compuesta por dos calderas de gas con una capacidad instalada de 10 MWth, más dos economizadores (1 MWth cada uno) para recuperar el calor de condensación de los gases de combustión.

3 intercambiadores de calor con una capacidad de 17 MWth cada uno para separar el sistema primario del sistema de distribución. Adicionalmente, hay 3 motores de gas con una capacidad térmica de 700 kW y una capacidad eléctrica de 550 kW cada uno, además de otra caldera con una capacidad de 14,7 MWth, que puede utilizar gas o petróleo.

Figura 3: Calderas de carga punta

Antiguas calderas de Tatry

28 salas de calderas se incluyeron en Geotermia al principio del proyecto: la mayoría han sustituido los combustibles fósiles (carbón, coque, petróleo y gas) por el sistema geotérmico y, a finales de 2003, sólo una de las salas ("Pardalowka") no estaba conectada y seguía utilizando gas natural.

En la siguiente Tabla (2), se indica el número de salas de calderas de Tatry que había según las distintas fuentes de energía. En las otras tablas, se puede ver la evolución en el consumo de combustibles fósiles en las salas de caldera cuando todavía no estaban conectadas al sistema de CU geotérmico.

Tabla 2: Antiguas salas de calderas de Tatry según la fuente de energía (evolución)

Fuente de energía, antiguas calderas		1999	2000	2001	2002	2003
Carbón/coque	Número	12	5	3	0	0
Gas	Número	5	5	4	2	1
Petróleo	Número	2	2	2	1	0
Sistema geotérmico	Número	9	16	19	25	27
<b>Total</b>	<b>Número</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>

Tabla 3: Evolución en el uso de combustibles 1999-2002 (real)



Caso de estudio 300: Przesiębiorstwo Energetyki Ciepłej  
GEOTERMIA Podhalańska Spółka Akcyjna, Polonia

Producción real de calor	Unidad	1999	2000	2001	2002	2003
Planta geotérmica	GJ	22 450	22 600	41 428	160 927	205 400
Planta de carga punta, total	GJ	70 158	97 594	132 958	76 342	49 945
Calderas de gas	GJ	70 158	97 594	112 000	42 703	48 775
Petróleo	GJ					1 170
PCCE	GJ	0	0	20 958	33 639	0
Calderas de Tatry	GJ	60 699	41 165	31 532	20 918	13.943
<b>Producción total de calor</b>	<b>GJ</b>	<b>153 307</b>	<b>161 359</b>	<b>205 918</b>	<b>258 187</b>	<b>269 288</b>

Insumos utilizados en el periodo comprendido entre 1999 y 2003:

Insumos	Unidad	1999	2000	2001	2002	2003
Electricidad	MWh	1082	1002	-2903	-2191	6354
Gas natural	TCM	2768	3529	5205	3521	1969
	MWh	29 334	37 399	55 149	37 312	19 307
Carbón	T	1721	515	86		0
	MWh	13 292	3980	663		0
Petróleo	T	62	103	67	24	33,4
	MWh	759	1256	823	293	409
<b>Total</b>	<b>MWh</b>	<b>44 467</b>	<b>43 637</b>	<b>53 732</b>	<b>35 414</b>	<b>26 070</b>

### Contribución al desarrollo sostenible

El objetivo primordial del proyecto era incrementar el uso de fuentes de energía limpia (calor geotérmico y gas natural) en la región de Podhale, al sur de Polonia, con el fin de reducir la contaminación atmosférica producida por las calderas de carbón que se utilizaban como forma de calefacción de locales. Para lograrlo, se diseñó este proyecto de calefacción para siete municipios de la zona de Podhale, consistente en la construcción de un sistema geotérmico de calefacción urbana complementado con una planta de gas para las cargas punta. La idea era que los usuarios dejaran de utilizar los sistemas de calefacción individuales y conectaran las viviendas a un sistema de CU eficiente alimentado con combustibles limpios y renovables. En todo caso, tal y como se ha dicho, el fin último de sustituir los combustibles contaminantes era ofrecer un aire más limpio y mayor bienestar a los habitantes de la zona. De hecho, antes de la realización del proyecto ya se había previsto una reducción significativa de las enfermedades respiratorias gracias a la reducción de las emisiones que producen la combustión del carbón y del coque. Asimismo, las mejoras propuestas por el proyecto reducirán el daño medioambiental a la biota de los parques nacionales y áreas protegidas colindantes. Además, con esta mejora de la calidad medioambiental de la zona de Podhale se espera también incrementar el turismo.

### Datos medioambientales:

Aunque la calidad del aire no era pésima en comparación con otras zonas de Europa Central y Oriental, el aire de Zakopane, y sobre todo de Nowy Targ, presentaba unos elevados niveles de partículas en suspensión debido a la combustión de carbón de las calefacciones.

A la hora de poner en marcha el proyecto, se tuvo en cuenta su impacto sobre otros elementos medioambientales. Y es que, por ejemplo, un sistema geotérmico mal diseñado o mal gestionado puede llegar a contaminar el agua potable. Así, para minimizar este riesgo, el proyecto presenta un diseño de circuito cerrado: el agua se suministra a los intercambiadores de calor y luego vuelve al yacimiento sin entrar en contacto con el consumidor o el medio ambiente. El grado de mineralización de las aguas geotérmicas



Caso de estudio 300: Przesiębiorstwo Energetyki Ciepłej  
GEOTERMIA Podhalańska Spółka Akcyjna, Polonia

utilizadas en el proyecto se sitúa mayoritariamente en el rango de 0,2-0,4 g/l, aunque en algunos estratos del yacimiento geotérmico puede alcanzar unos 3,0 g/l. En todo caso, este nivel de salinidad sigue siendo increíblemente bajo si lo comparamos con el grado de otros yacimientos geotérmicos de Polonia y otras zonas de Europa que están en desarrollo en estos momentos. A pesar de todo, no es conveniente descargar las aguas geotérmicas en los torrentes situados cerca del Parque Nacional y, por ello, se utilizó un diseño de circuito cerrado.

#### **Emisiones de GEI:**

Otro objetivo medioambiental del proyecto era reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, con el fin de ayudar a que Polonia cumpliera las obligaciones internacionales contraídas en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). De hecho, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el CO<sub>2</sub>, era un argumento para que el Gobierno de Polonia apoyara la realización del proyecto. En el periodo comprendido entre 1995 y 2024, en el área total cubierta por el proyecto se espera reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2,7 millones de toneladas.

#### **Experiencia adquirida y reproducibilidad**

El proyecto constituye un ejemplo de utilización económica y comercialmente viable de la energía geotérmica y, simplemente por este motivo, ya ofrece un beneficio indirecto a todo el país y a la región. El éxito del proyecto debería fomentar su reproducción a gran escala no sólo en Polonia sino en toda la región de Europa Central y Oriental.

Los sistemas geotérmicos son proyectos de capital intensivo que requieren una importante inversión inicial; en este caso, no era posible hacer un cálculo exacto debido a que no se podían prever con exactitud ni los costes de la perforación ni el rendimiento del yacimiento. Así pues, si bien es verdad que hasta la fecha el rendimiento de los pozos y los costes de perforación han sido mejores de lo previsto, en el plan de realización del proyecto se incluyó una planta de gas para las cargas punta para reducir la necesidad de recursos geotérmicos. Dado el alto volumen de inversión necesario, la viabilidad financiera depende en gran medida de las tarifas y del nivel de penetración en el mercado que se consiga. Por ejemplo, gracias a la fusión con la empresa de CU de Tatry, se logró integrar 28 salas de calderas que suministraban calor al sistema de calefacción urbana de Zakopane. Además, se han llevado a cabo análisis exhaustivos de mercado para ajustar las propuestas a 172 cargas grandes y hacer un cálculo realista del número de hogares que van a convertir sus sistemas para utilizar la energía geotérmica. Asimismo, se han realizado estudios de rentabilidad incremental para seleccionar las áreas de expansión y el límite del servicio geotérmico. En proyectos similares deberían llevarse a cabo también todas estas planificaciones.



**Más información:**

Página Web del proyecto: <http://www.geotermia.pl/>

Organización / Agencia: Przesiębiorstwo Energetyki Ciepnej, GEOTERMIA Podhalańska Spółka Akcyjna

Contacto principal:

Dirección: Biuro: 34-500 Zakopane ul. Nowotarska 35a

Tel.: (018) 201 50 41, 201 50 42, 201 50 43

Fax: (018) 201 50 44

Correo electrónico: [geoterm@geotermia.pl](mailto:geoterm@geotermia.pl)

Página Web: <http://www.geotermia.pl/>

Informes impresos y otra literatura disponible:

Título:

Coste:

Otros contactos: