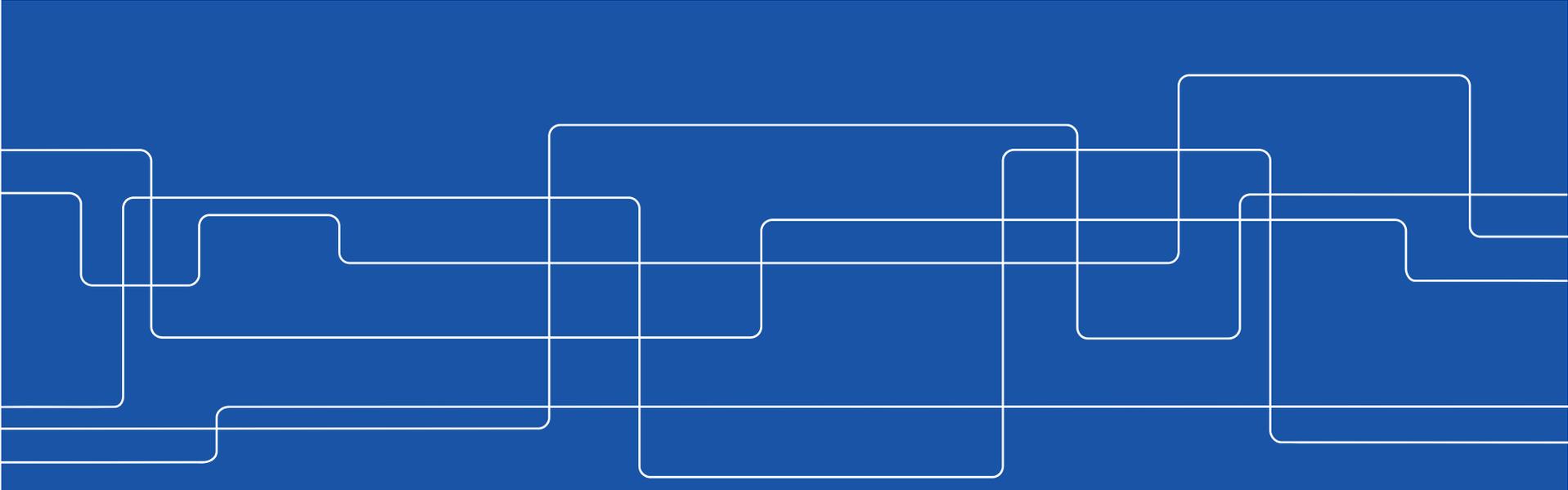




# La geotermia en Suecia

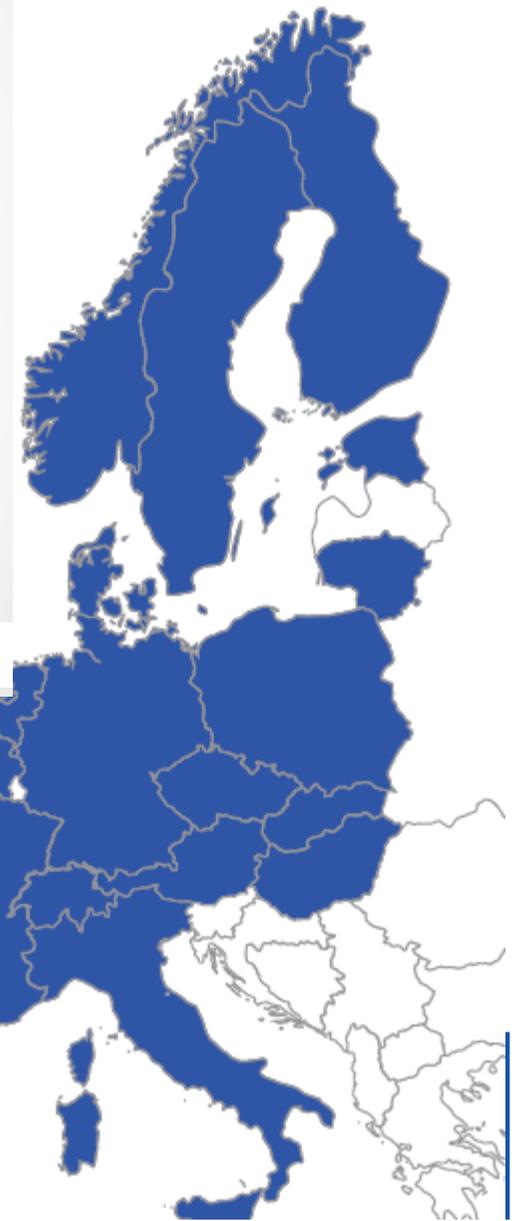
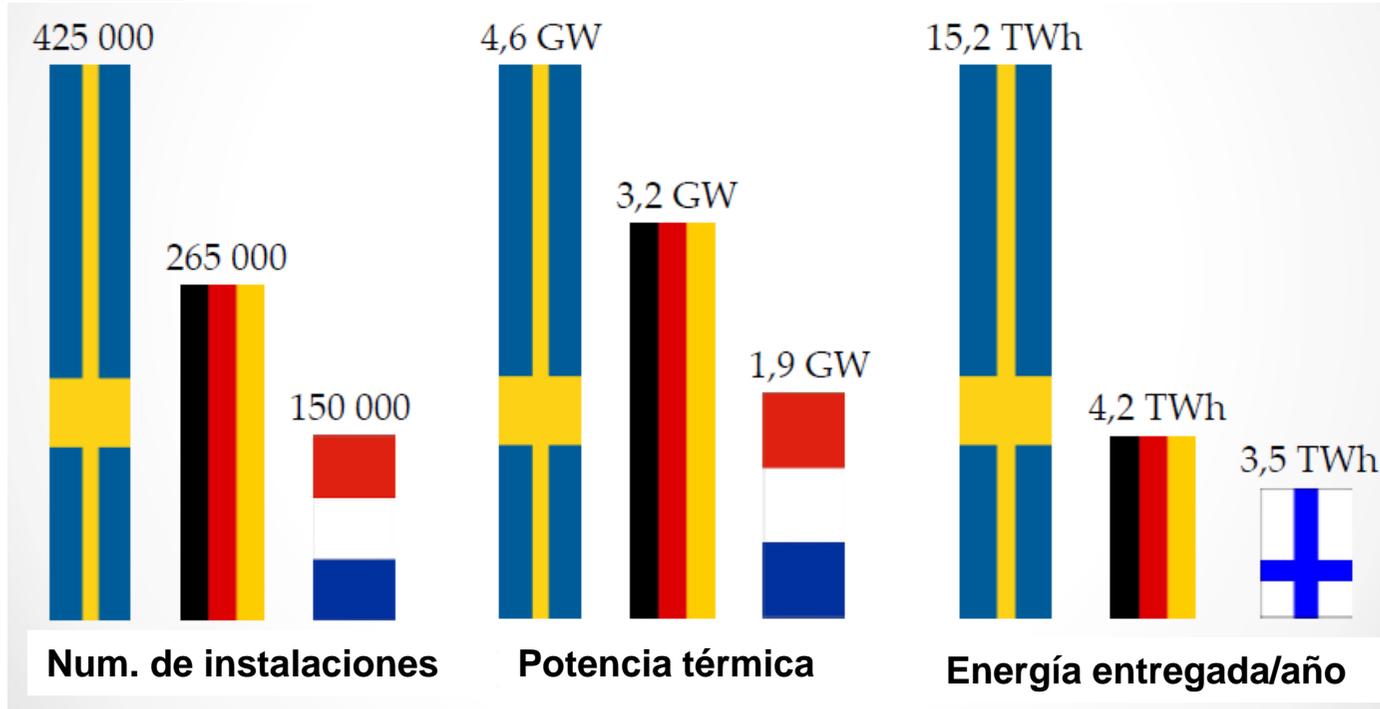
Dr. José Acuña  
KTH Royal Institute of Technology, Suecia



IV Congreso de energía geotérmica en la edificación y la industria, Madrid 24-25 Nov 2014



# Suecia y Europa

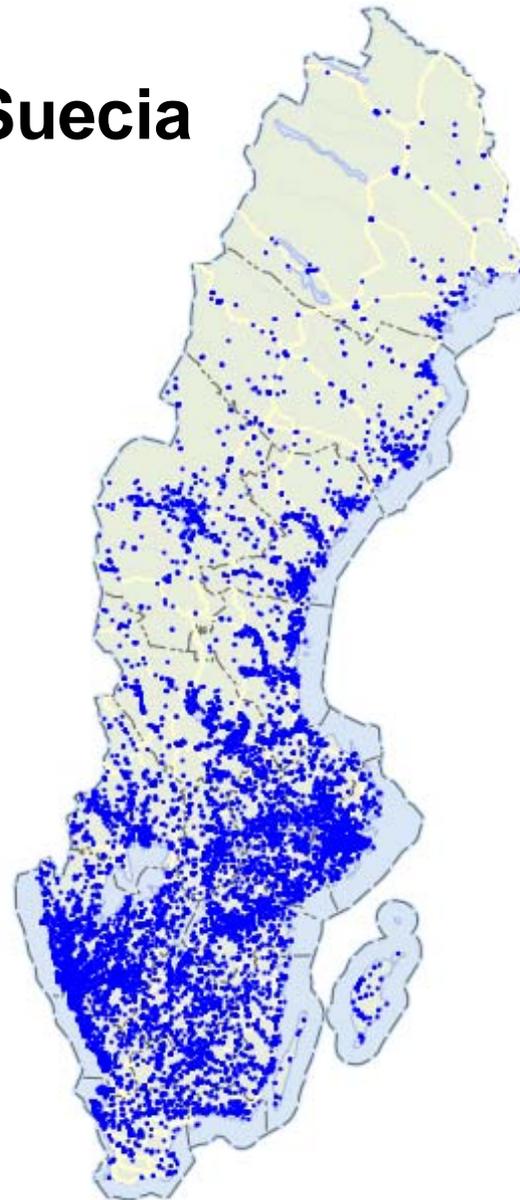




# Geotermia en Suecia

≈ 425 000  
Instalaciones  
de baja  
potencia  
<500 kW

≈ 550  
Instalaciones  
de alta  
potencia  
>500 kW



≈ 15 TWh  
Energía  
suministrada  
anual

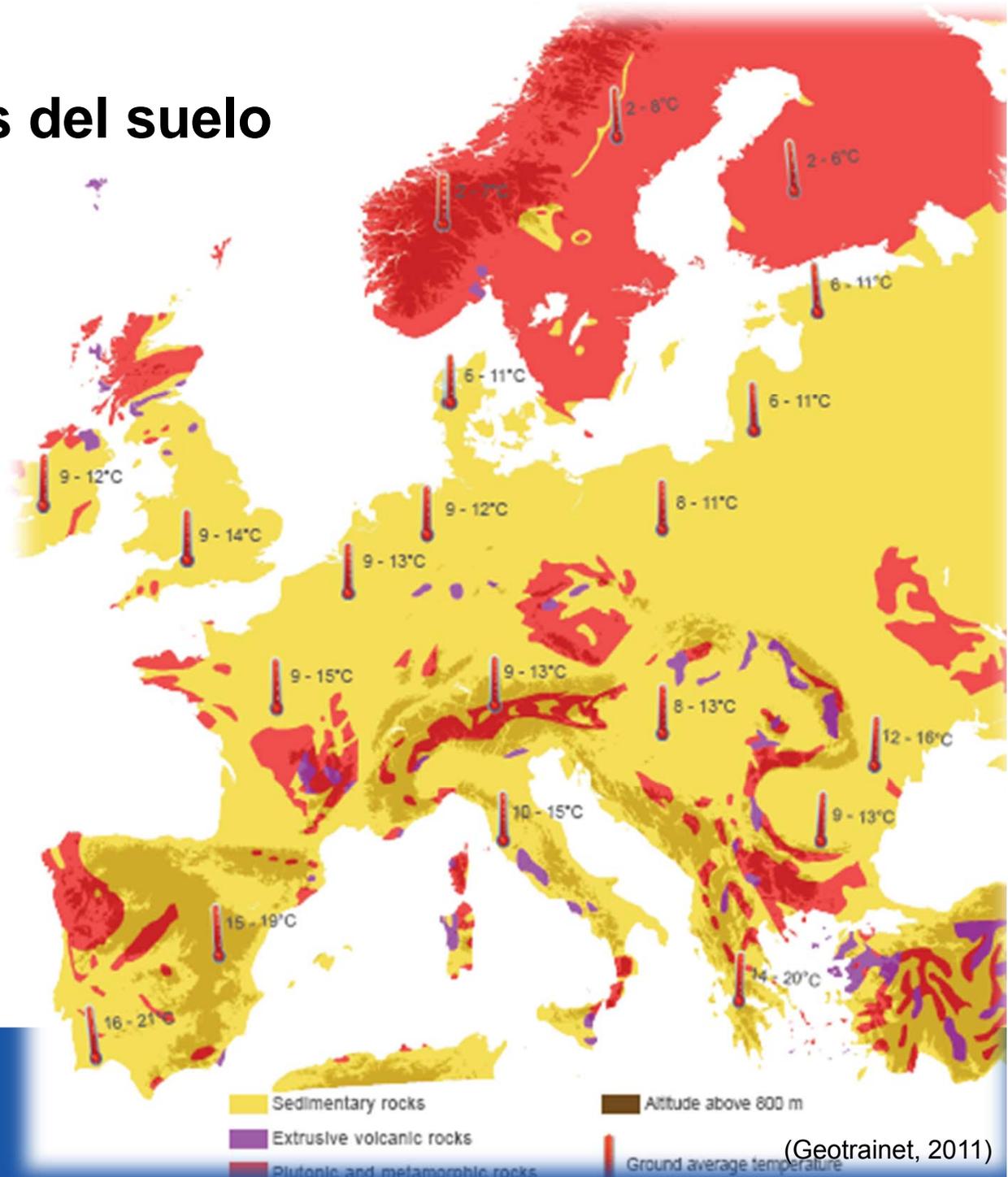
≈ 5 GW  
Potencia  
instalada



# Condiciones del suelo

Predomina la roca dura (granito/gneiss)

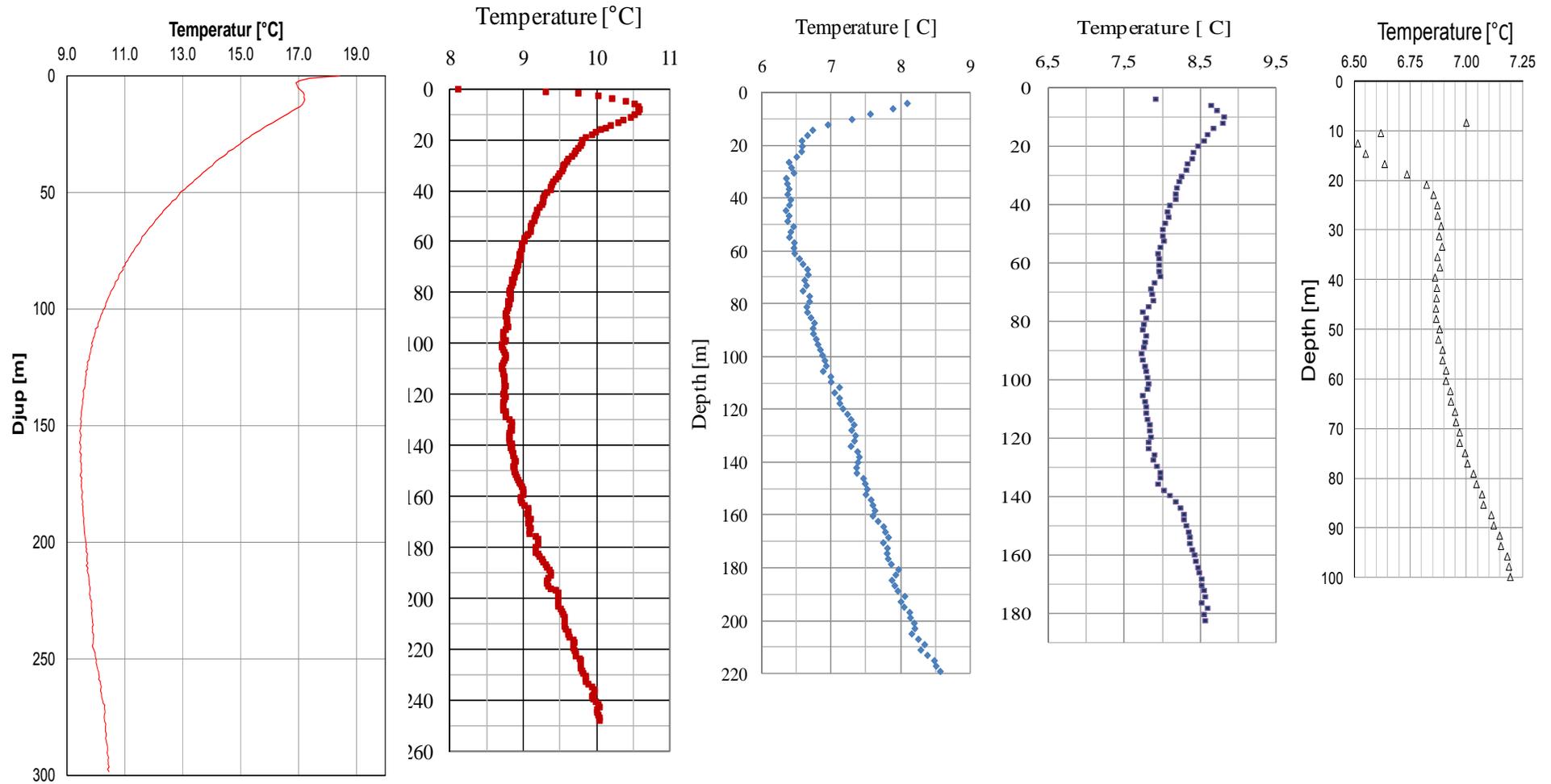
Temperaturas entre 2-8 °C



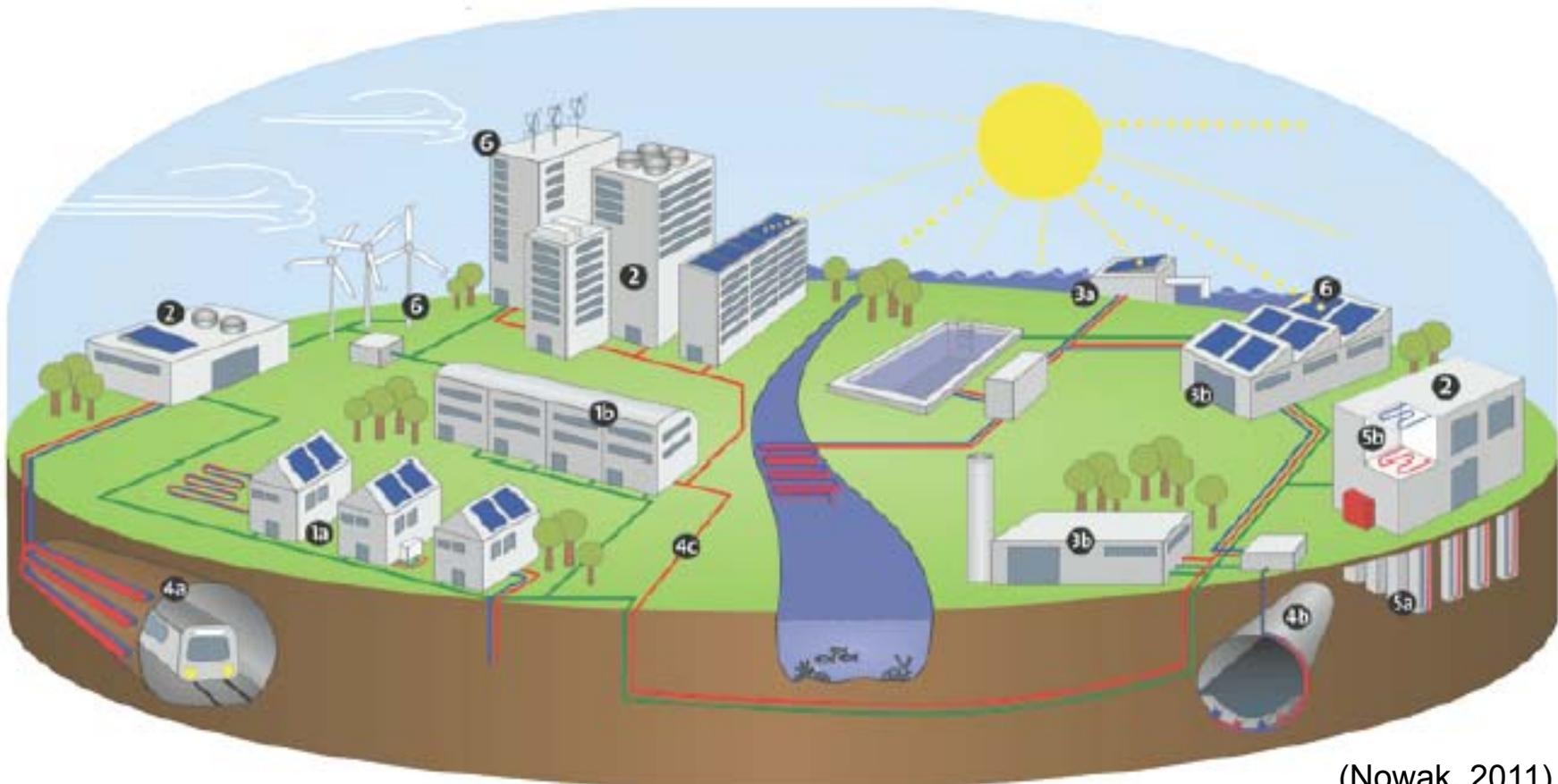


# Temperaturas, Estocolmo

Zonas urbanas: temperaturas algo más altas



# Visión y algunos tipos de sistema



# Bomba de calor (fuente: agua de mar)



Värme	3 287 GWh
El	930 GWh
Kyla	313 GWh
<b>Maximal effekt</b>	
Ca. 2 269 MW varav	
Värme	1 755 MW
El	389 MW
Kyla	125 MW



# Bomba de calor (fuente: agua de mar)

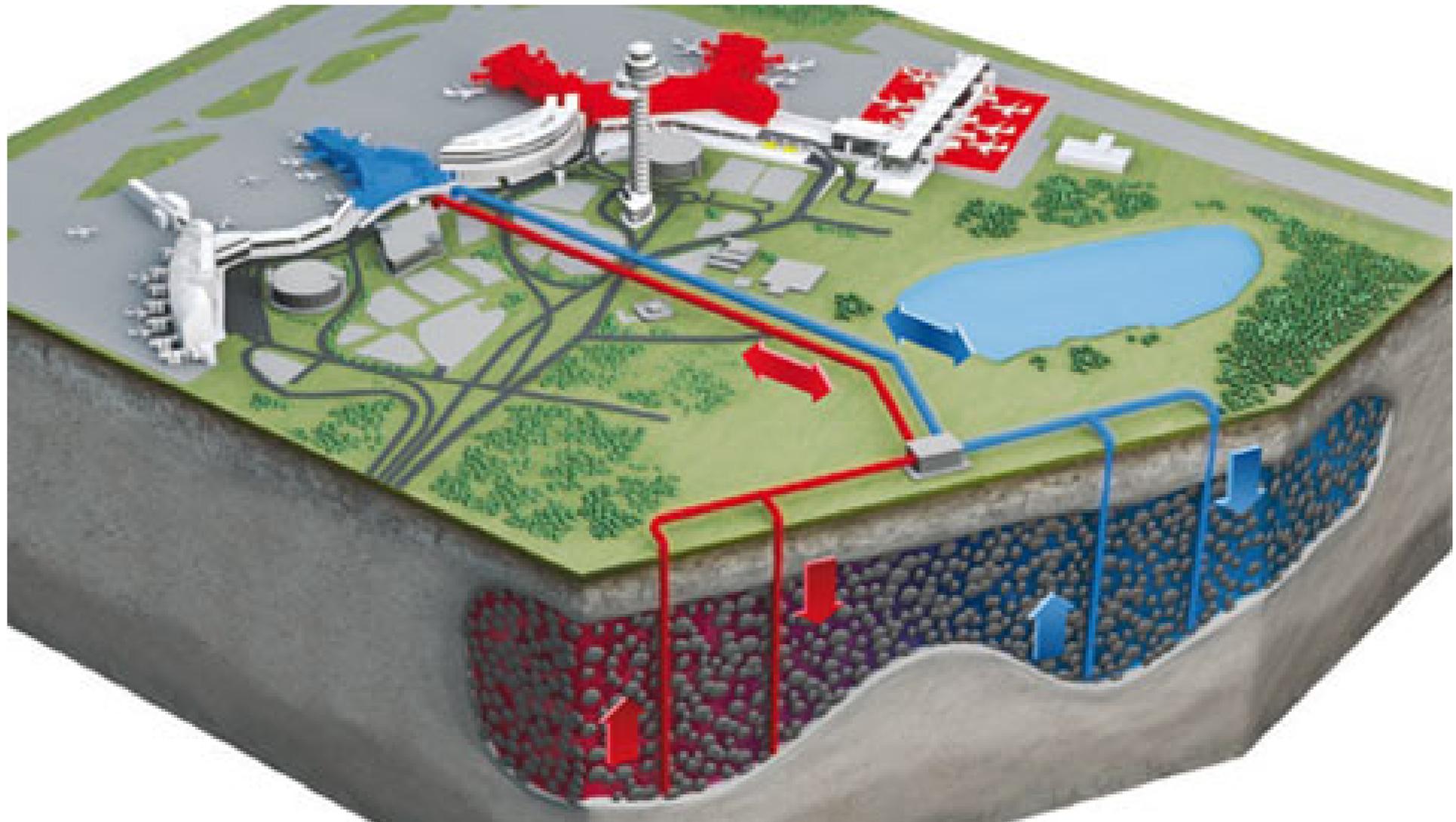
Bomba de calor más grande del mundo  
Sistema de district heating (telecalefacción))  
Entrega  $\approx$  60% del calor a la ciudad de Estocolmo



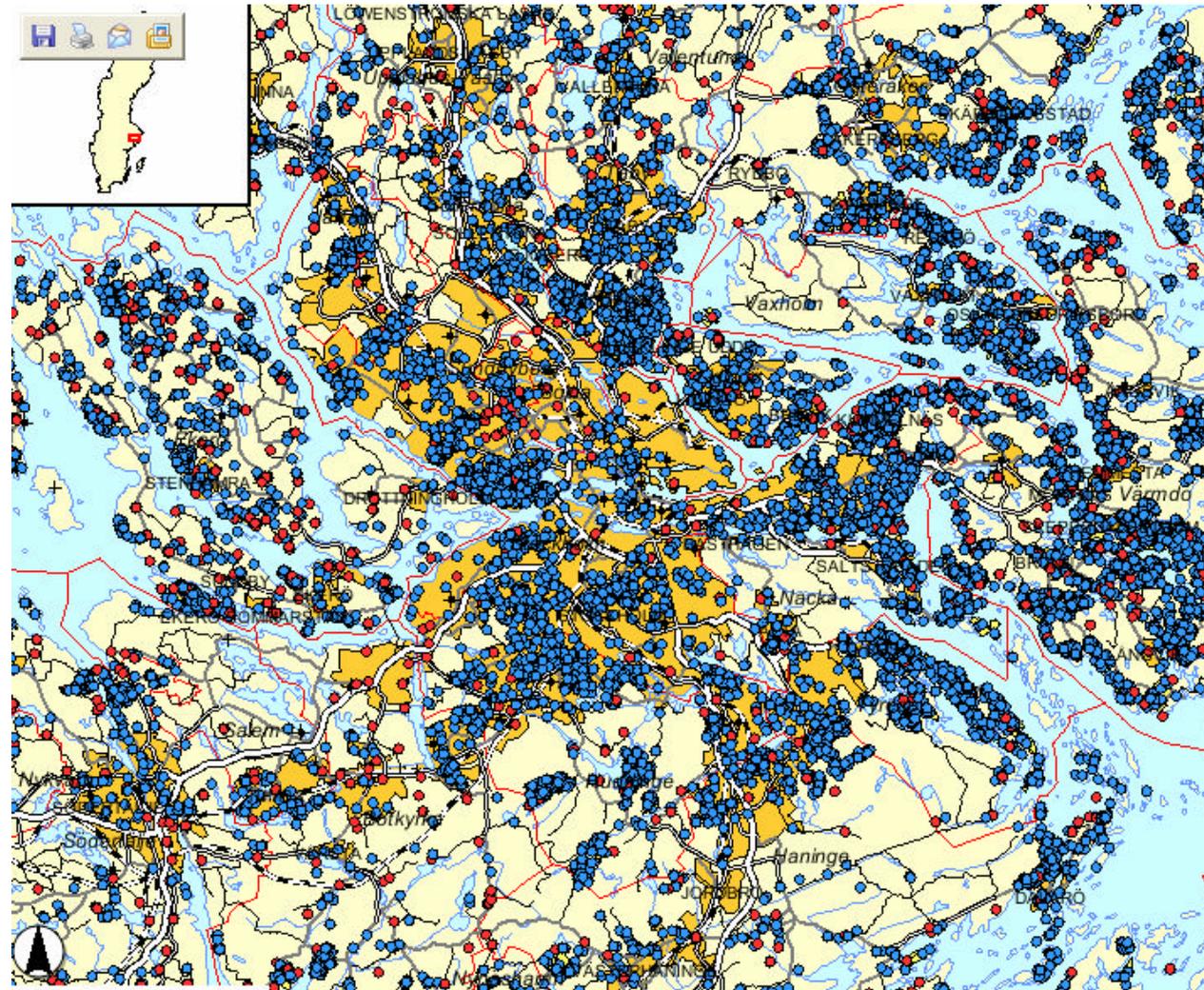
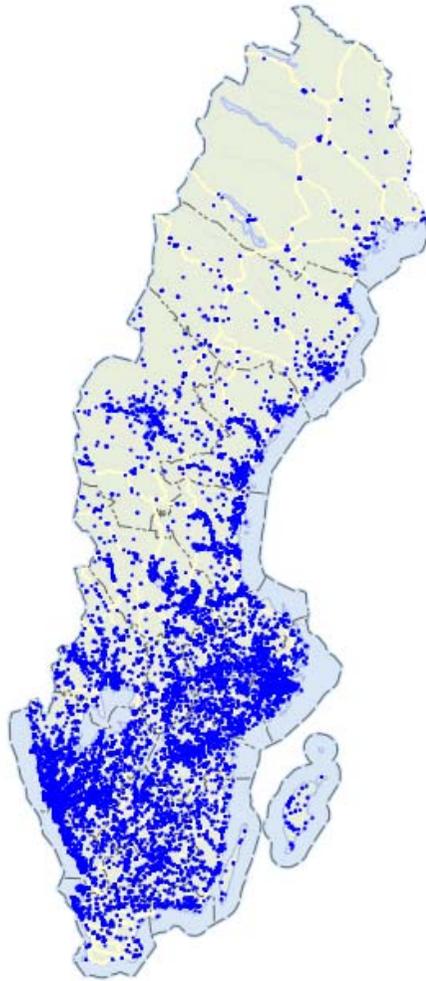


# Sistemas geotérmico de tipo acuífero

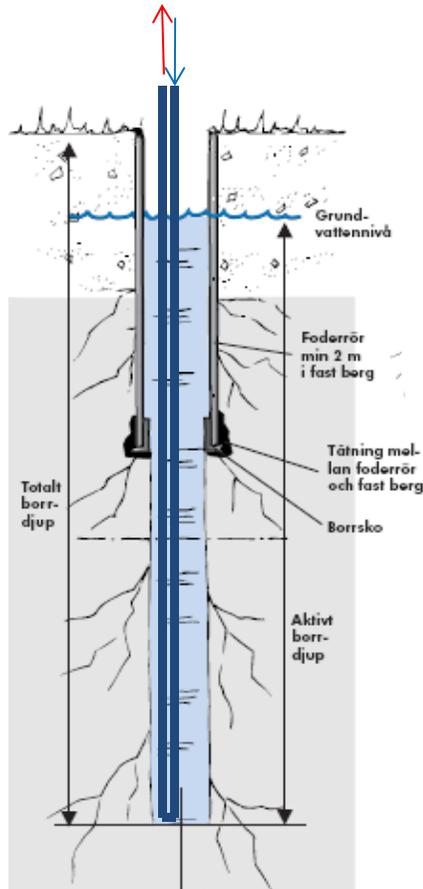
Aeropuerto Arlanda, Estocolmo



# Sondas geotérmicas, Estocolmo



# Instalación típica



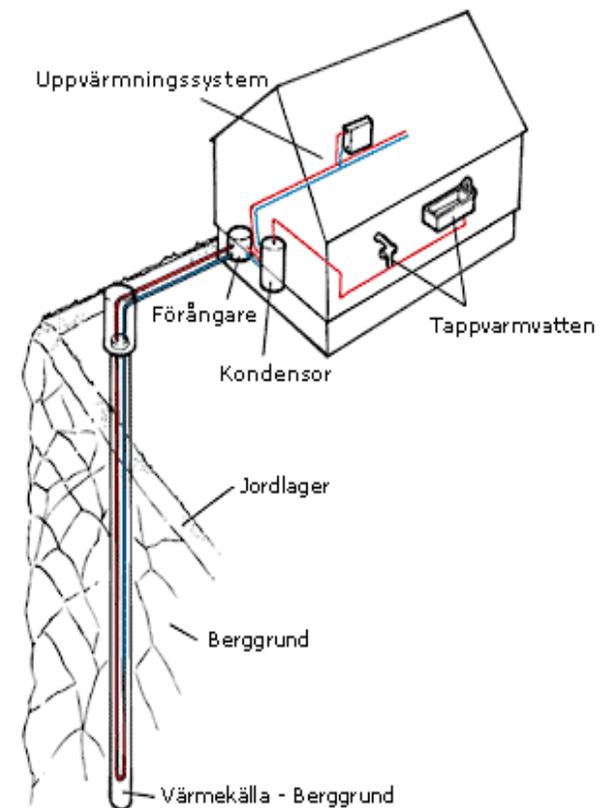
[www.svepinfo.se](http://www.svepinfo.se)

Común para cubrir demanda de calefacción y enfriamiento

Buen nivel de agua subterránea

Uso de sondas de tipo **U-pipe**

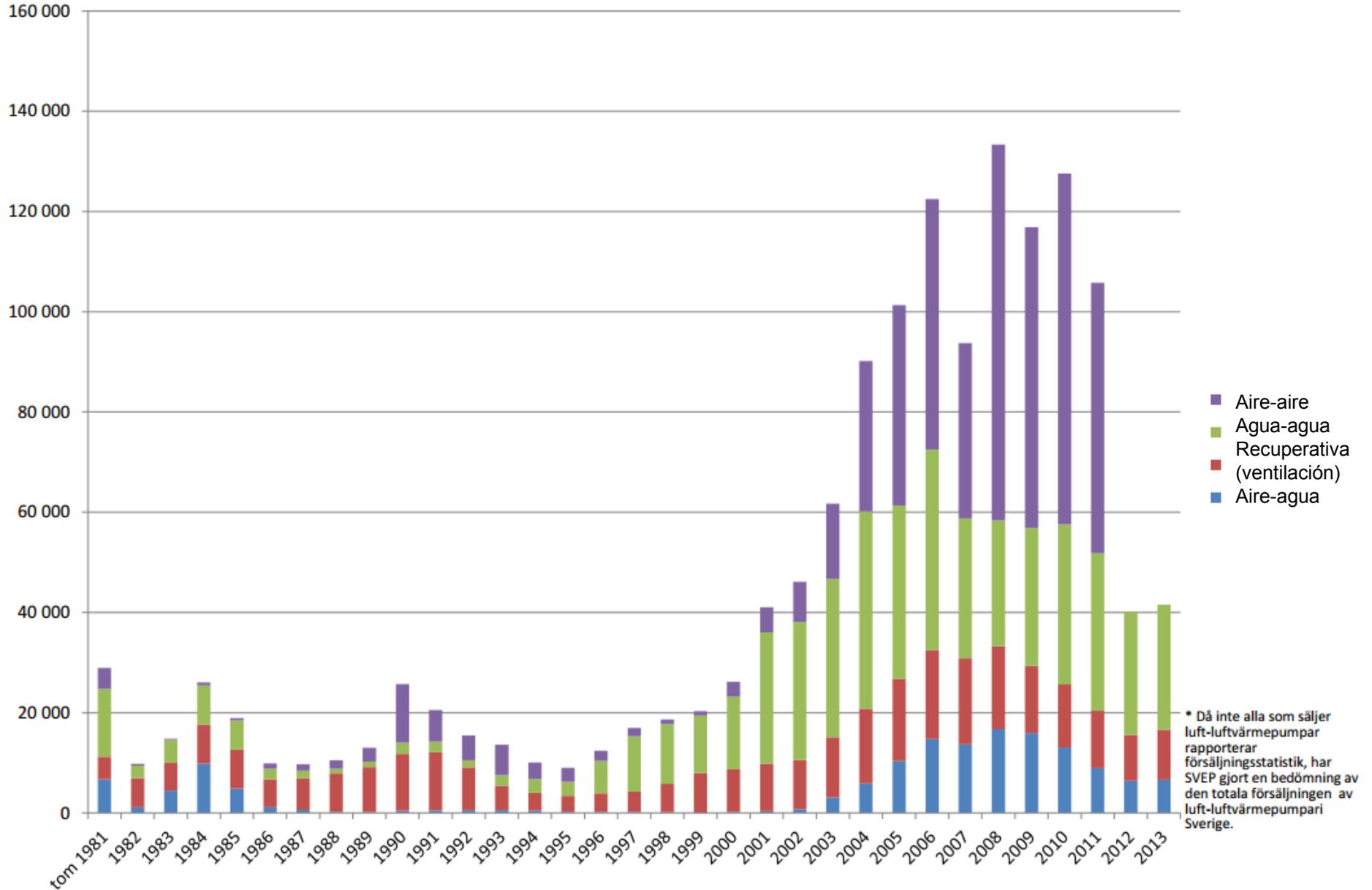
Normalmente pozos sin relleno



[www.svepinfo.se](http://www.svepinfo.se)



# Venta de bombas de calor





# Sistemas de alta potencia

Capacidad de al menos 500 kW

## Sistemas cerrados

Aprox. 400 instalaciones

40 MW

800 GWh

150 GWh enfriamiento gratuito

## Sistemas abiertos (acuíferos)

Aprox. 150 instalaciones

150 MW

800 GWh

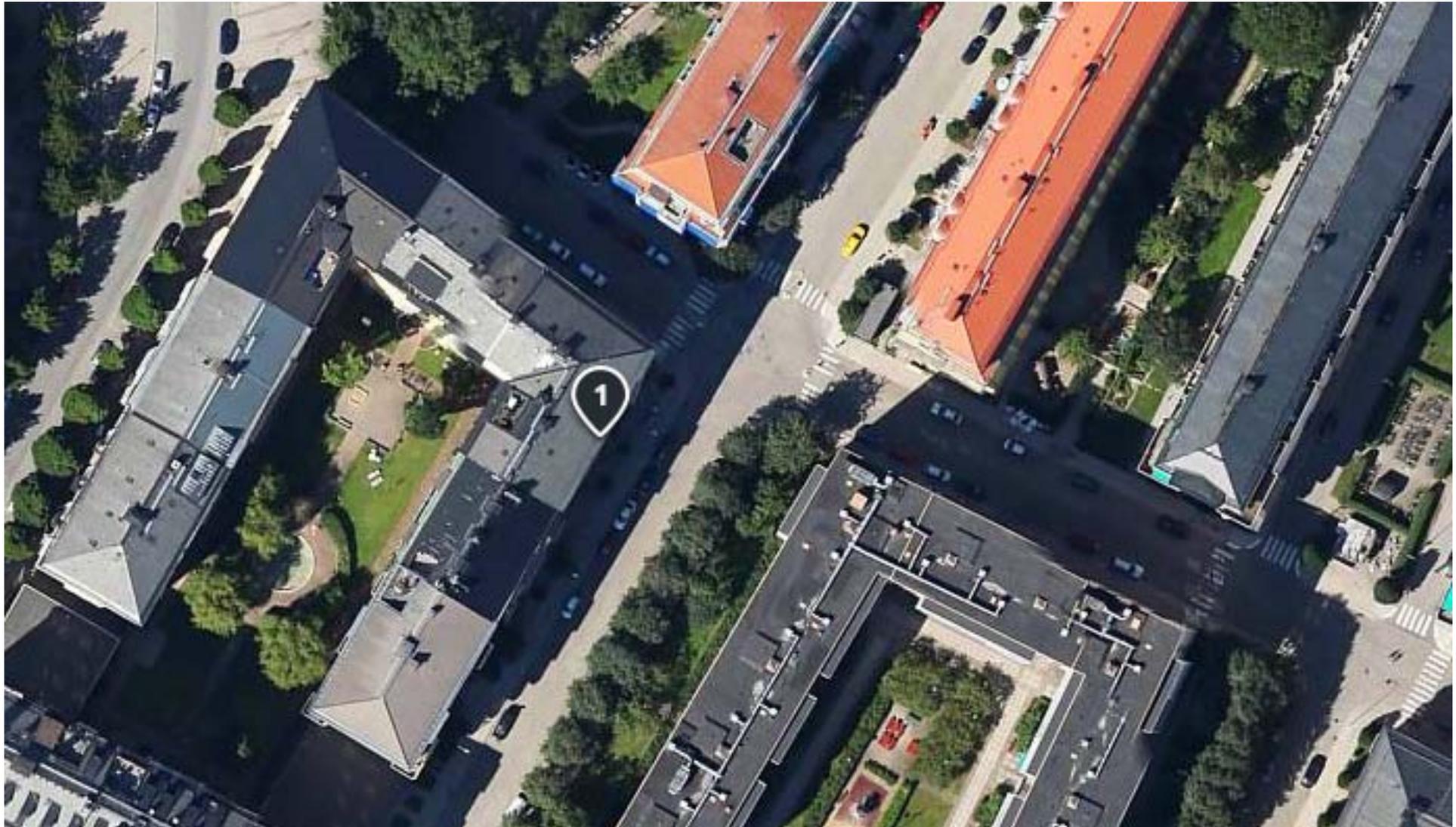
350 GWh enfriamiento gratuito





# Zonas urbanas

Zonas posibles: Jardines centrales, aceras, zotanos  
aparcamientos subterranos





# Solicitud de permiso de perforación

Consideración de instalaciones vecinas



Värmepump - ansök om tillstånd

<http://varmepumpar.stockholm.se/Pages/FormBorehole.aspx?CookieTest=true>



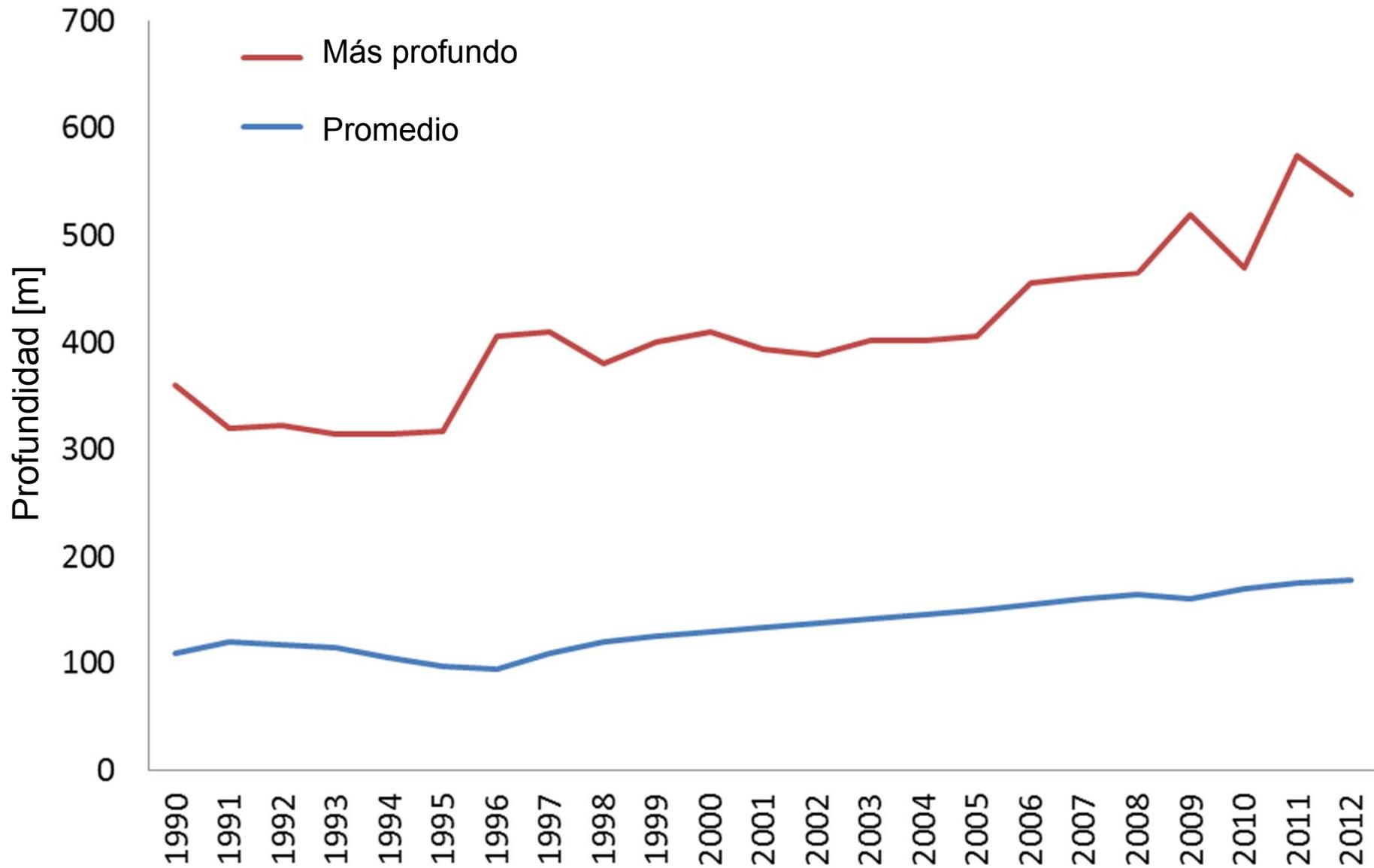
# Localización de las sondas

Estudio e identificación de instalaciones subterráneas cercanas: metro, tuneles, tuberías con cables eléctricos, agua, gas, fibra optica, etc





# Profundidad





# Energía y bombas de calor en Suecia

- **Precios €/ kWh:**

Electricidad	0,21
Oil	0,14
Gas	0,12
Telecalefacción	0,10
Pellets	0,07

- **Sistemas instalados actualmente**

Telecalefacción	82%
Oil	1%
Eléctrico	3%
Bombas de calor	8%
Otras combinaciones	6%

- **Las bombas de calor reemplazan:**

Radiadores eléctricos	21%
Resistencia eléctrica	22%
Oil	18%
Telecalefacción	4%
Leña	11%
Pellets	8%
<b>Bomba de calor</b>	<b>12%</b>
Construcciones nuevas	4%
Gas	1%

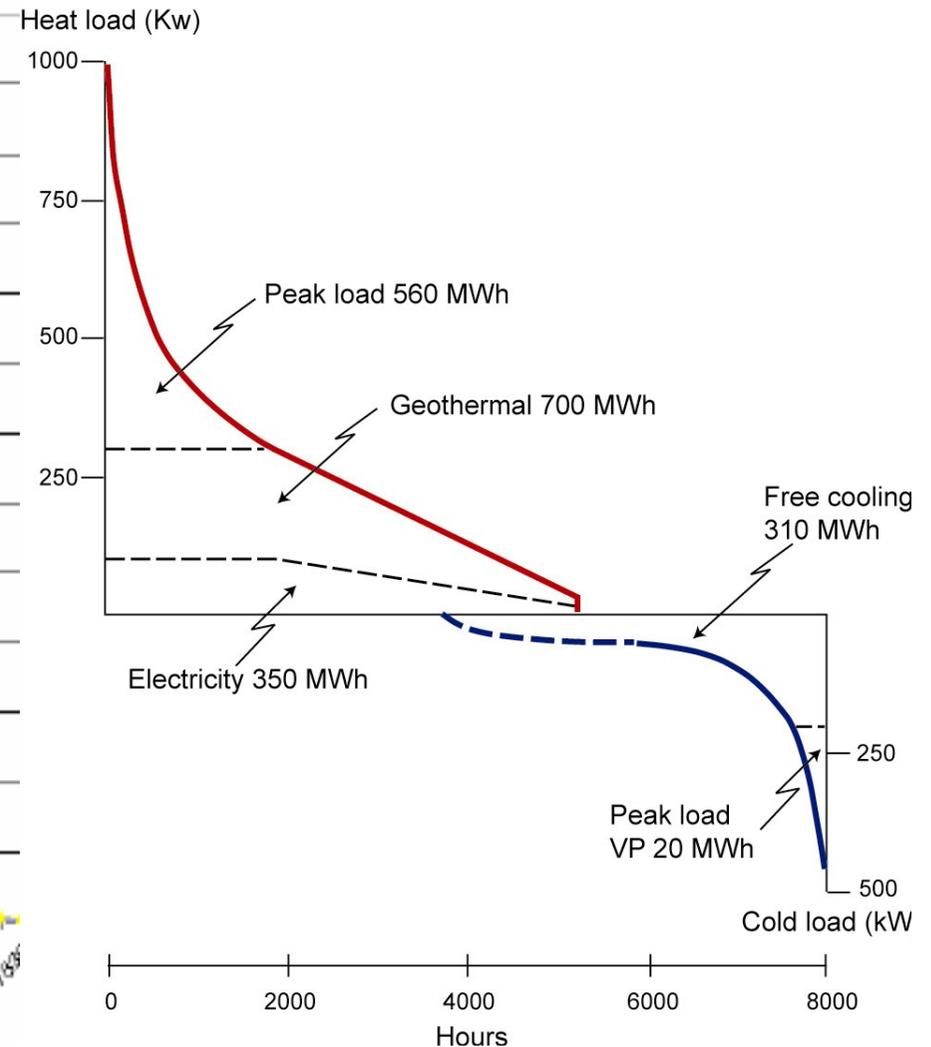
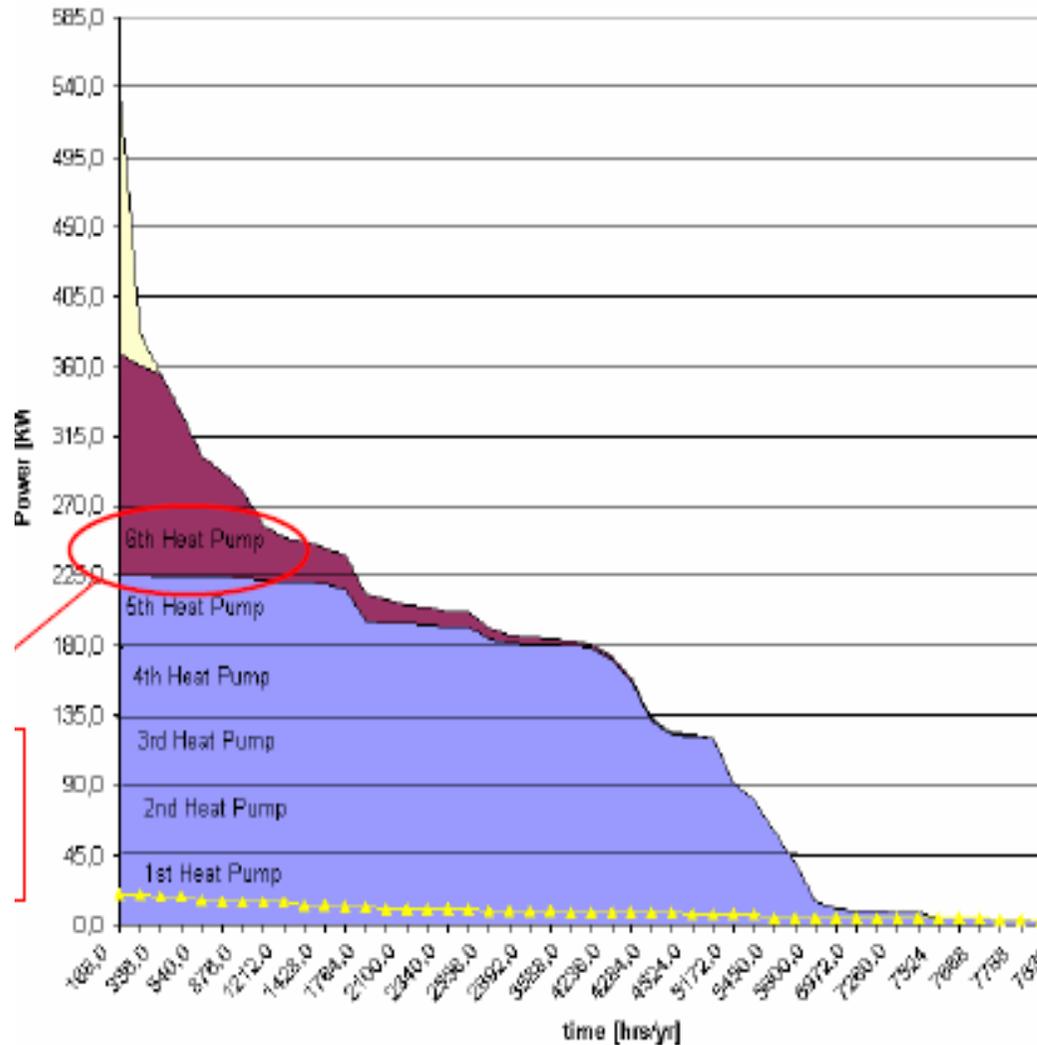


# El diseño

## Caso calefacción:

Se diseña normalmente para cubrir entre 50 y 70% de la potencia térmica necesaria.

Suele ser suficiente para cubrir alrededor de 75 a 99% de energía





## Aspectos claves

Clima,  
geología

Investigación  
conectada a  
la industria

Buena  
reputación

Moda

Logística

Incentivos

Concursos de  
eficiencia  
energética

Mecanismos  
de protección  
al cliente

Y

Precios de la  
competencia

Electricidad  
libre de  
emisiones de  
CO<sub>2</sub>  
(hidroeléctrica  
y nuclear)



# Actores del mercado de geotermia

- ✓ Asociaciones de perforadores



- ✓ Instaladores, fabricantes de bombas de calor, contratistas, fontaneros y electricistas:



+



=

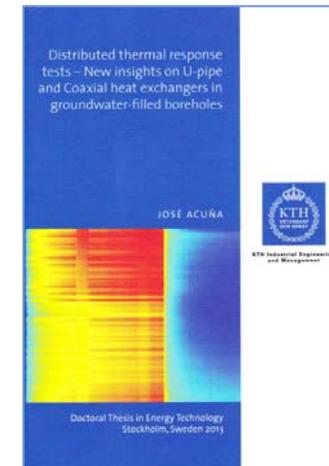
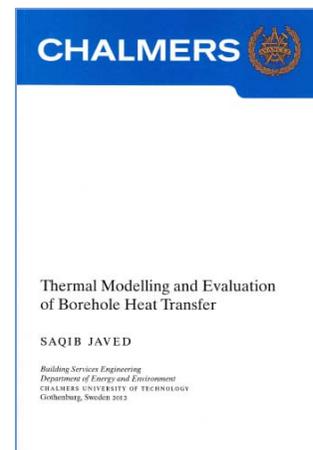
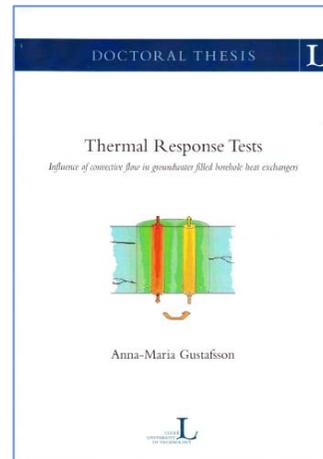
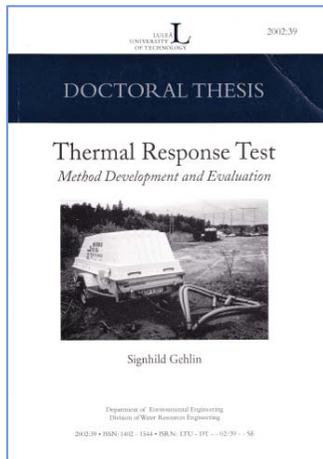
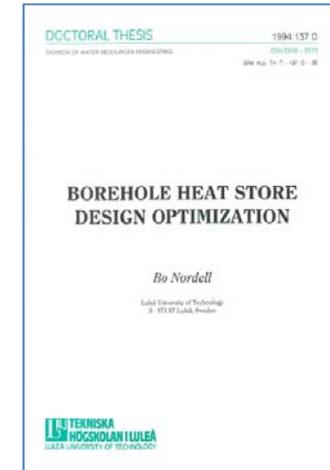
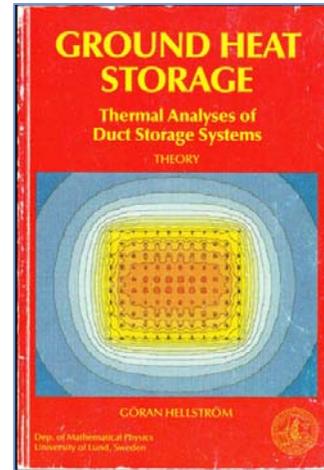
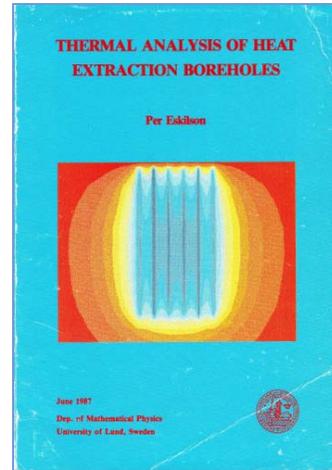
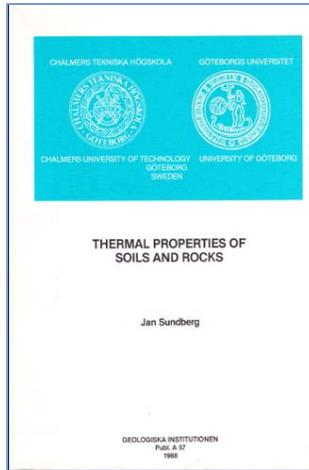


- ✓ Vendedores de material para pozos y sondas
- ✓ Diseñadores y consultores
- ✓ **Dueños de edificios**
- ✓ Investigadores
- ✓ Plataformas de información





# Investigación





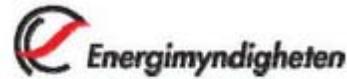
# Ejemplo de proyecto de investigación

## Colaboración con la industria

Alrededor de 40 patrocinantes

## Objetivo

Hacer recomendaciones para una utilización más eficiente de las sondas en instalaciones geotérmicas



Cooly

ETM Kylteknik

Brage Broberg

Manil Bygg

NOWAB

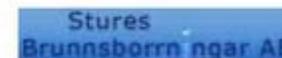
Nordahl Fastigheter

PMAB

Thorén VP

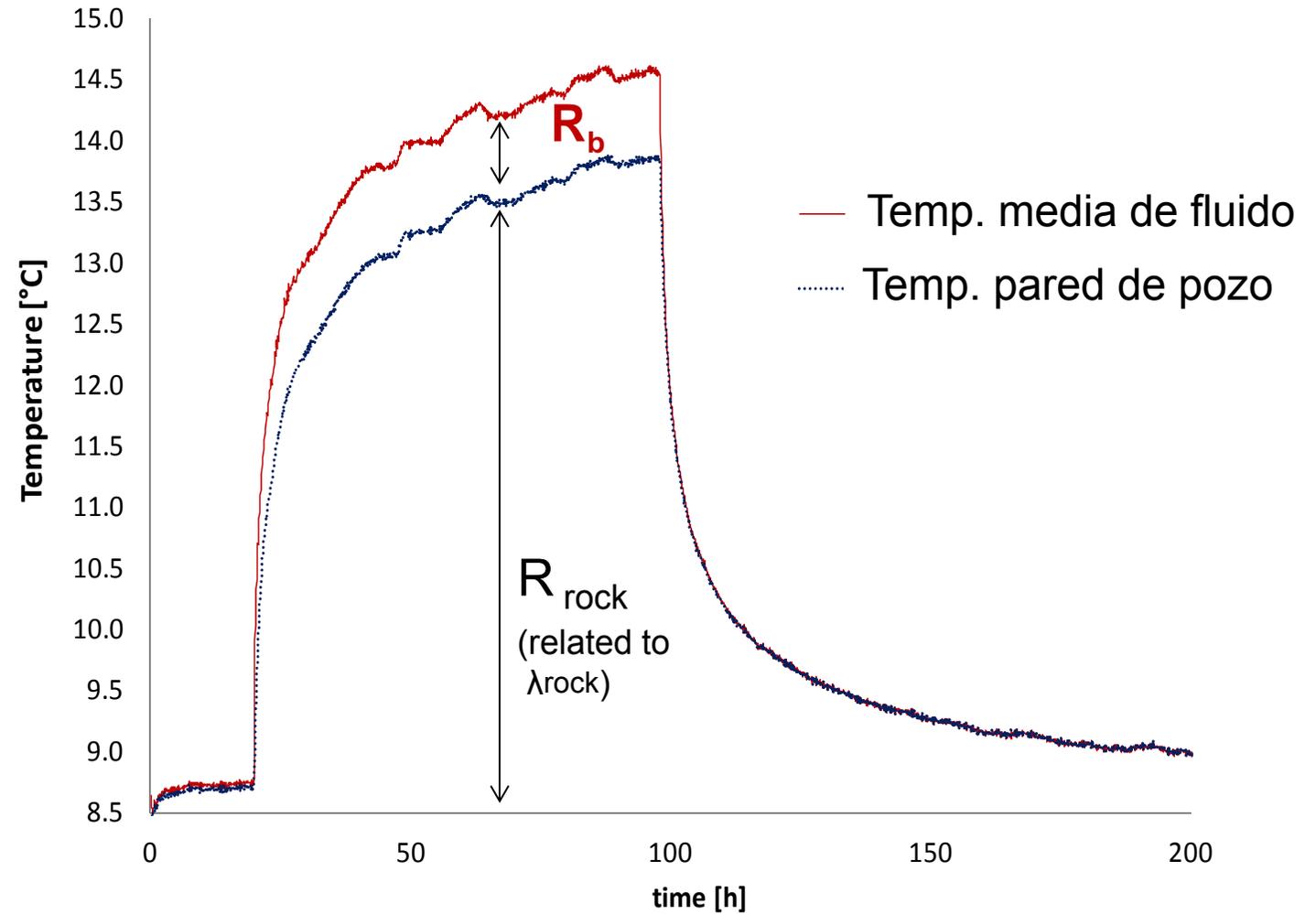
Tommy Nilsson

Aska Rör



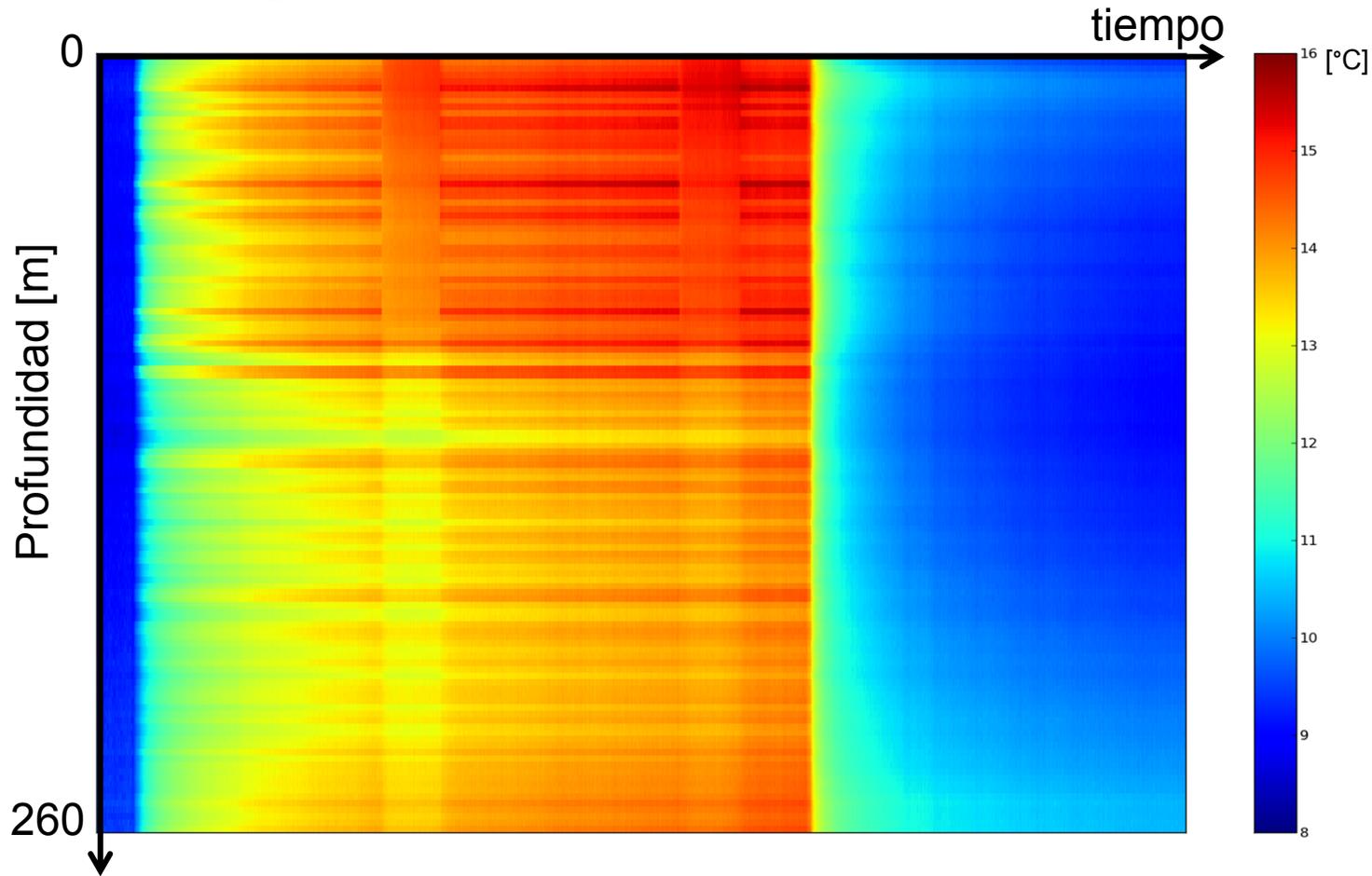


# Pruebas de respuesta térmica



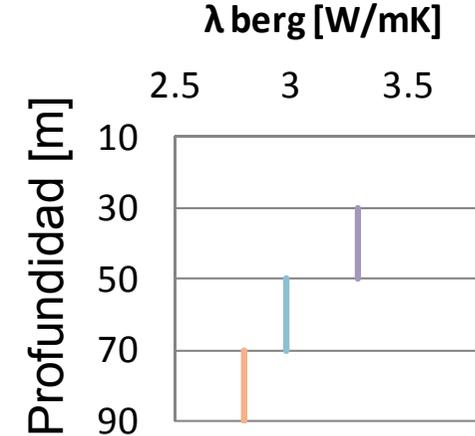
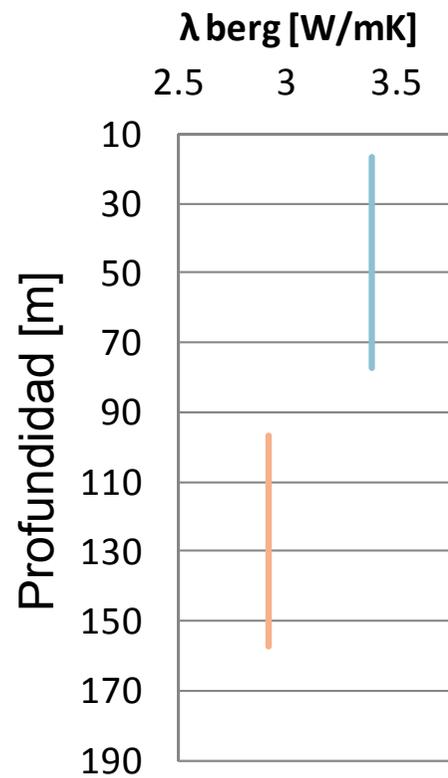
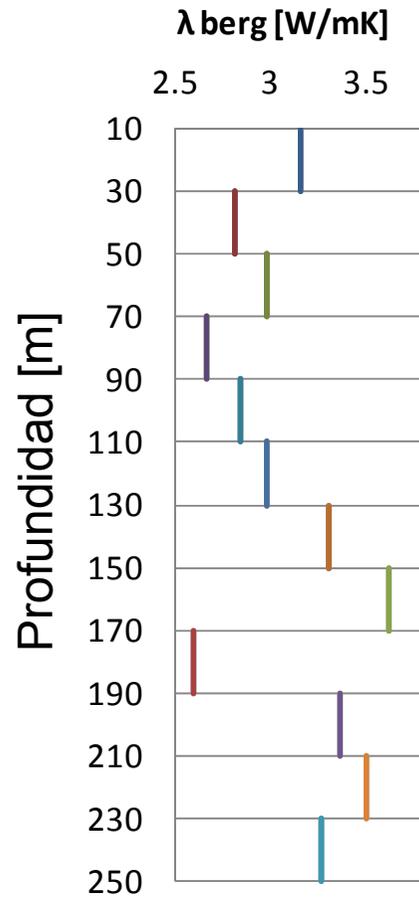


# Ejemplo de medición distribuida de temperatura





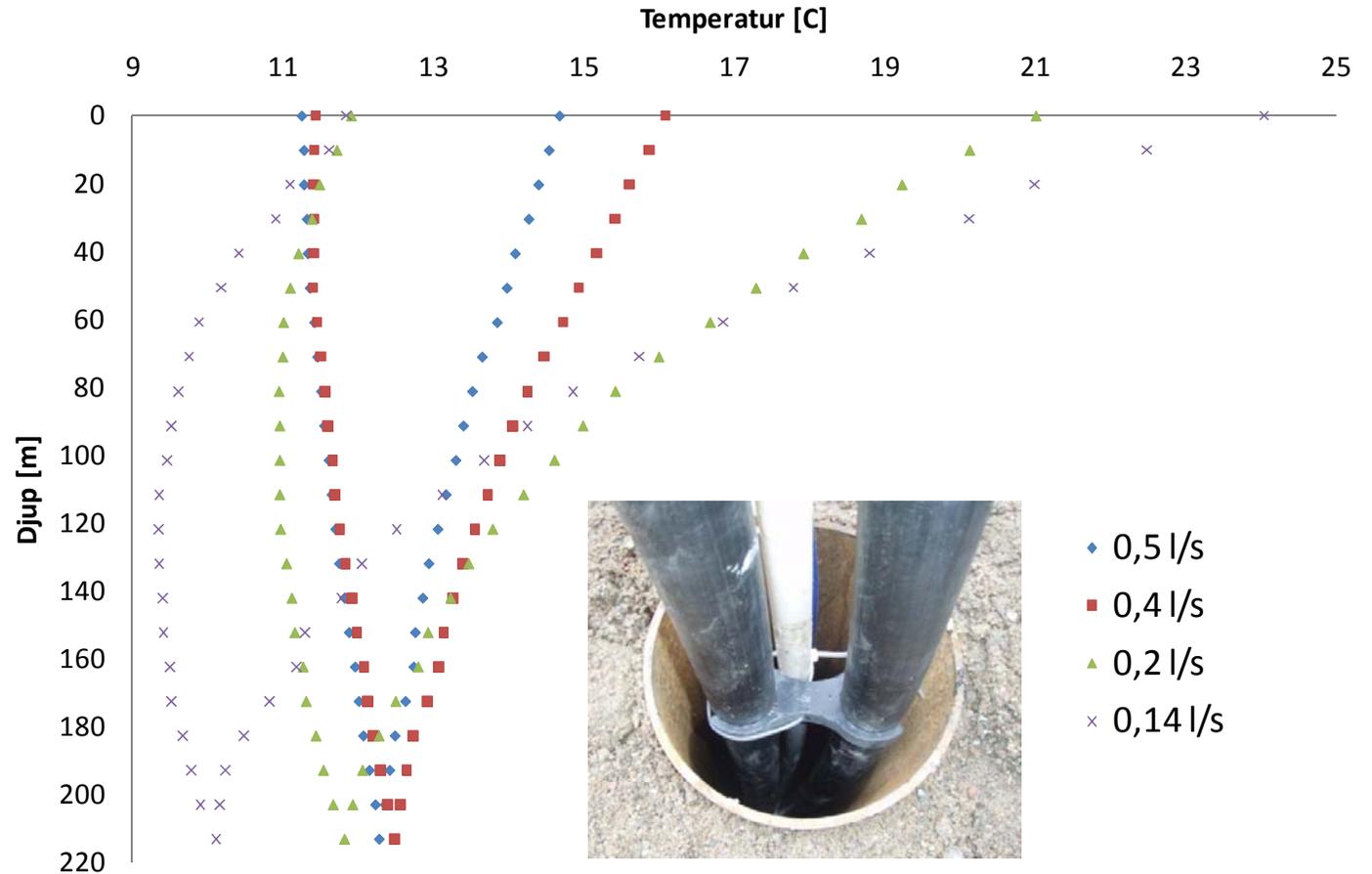
# Ejemplo de resultado de pruebas de respuesta térmica distribuida (DTRT)





# Sondas de tipo U

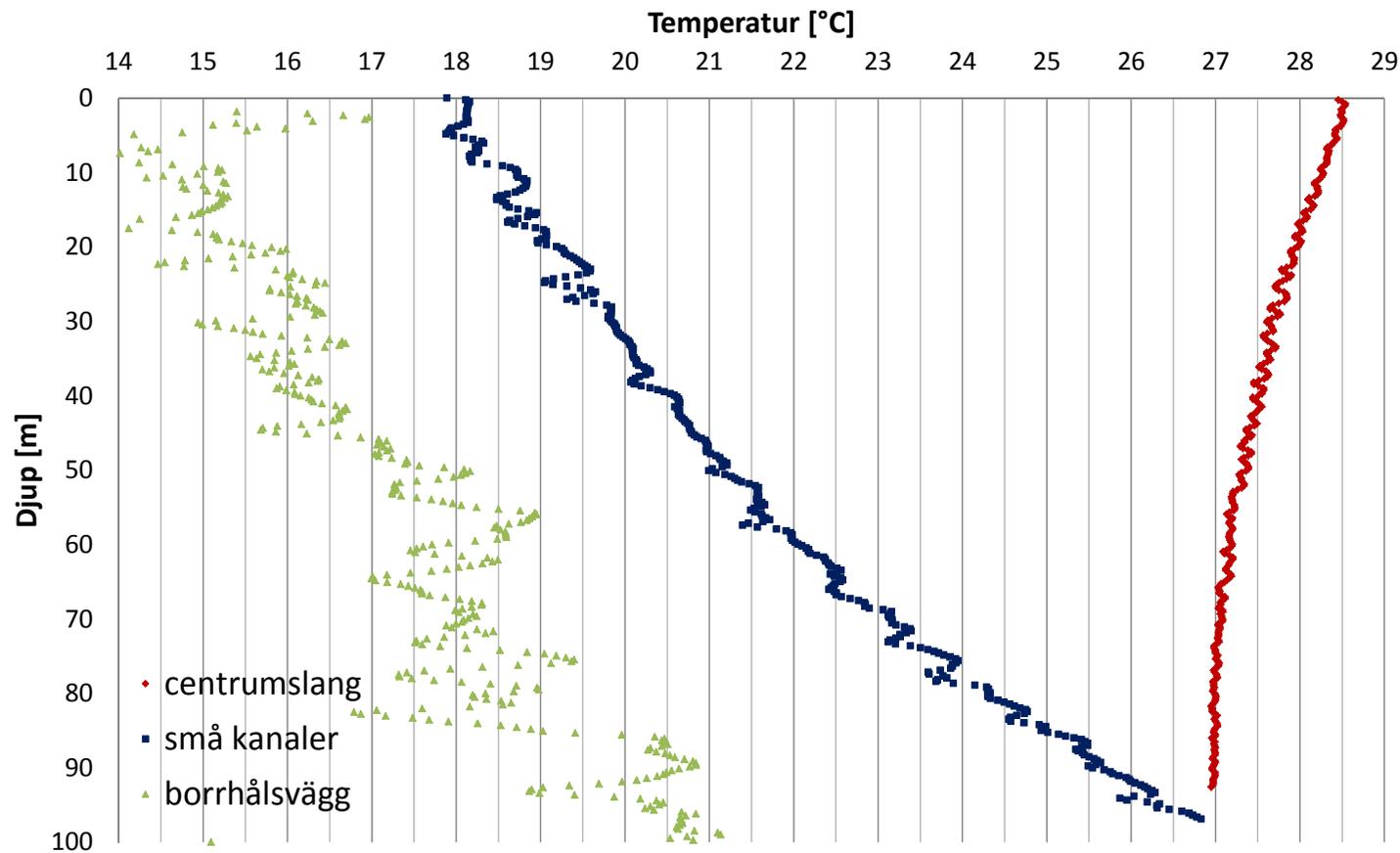
Eficiencia pobre, económica, fácil instalación





# Sondas más eficientes (coaxial)

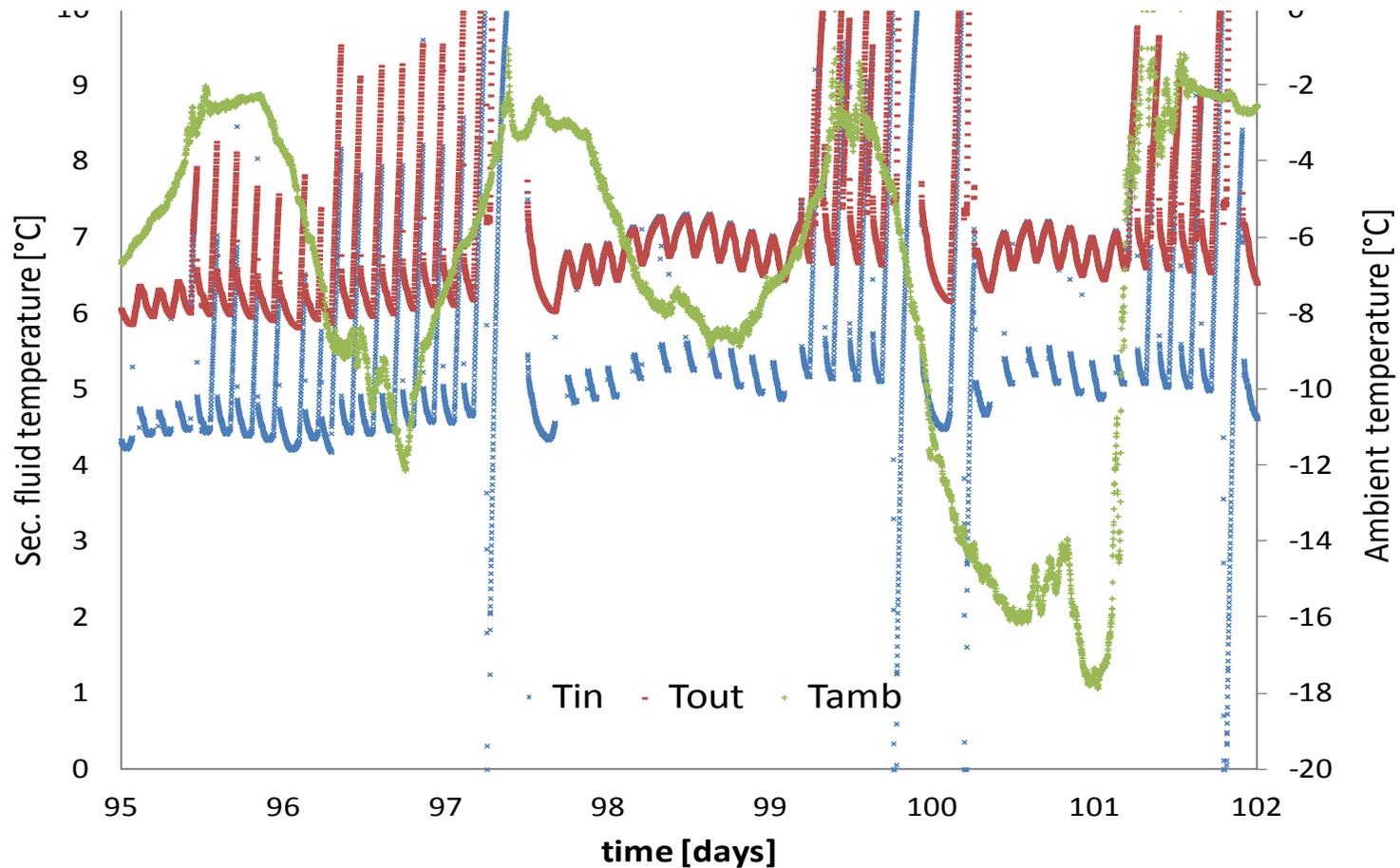
Temperaturas entre 1 y 3 grados más altas (calefacción) o bajas (enfriamiento) que en sondas tipo U Driftfall 3





# Ejemplo instalación en operación

Agua sin anticongelante circula en la sonda





**Muchas gracias por su atención!**

Contacto:

José Acuña, PhD  
KTH Royal Institute of Technology, Sweden

Mob: 076 232 00 08

Email: [josea@kth.se](mailto:josea@kth.se)

[www.energy.kth.se/energibrunnar](http://www.energy.kth.se/energibrunnar)