

# Konvertering till bergvärme

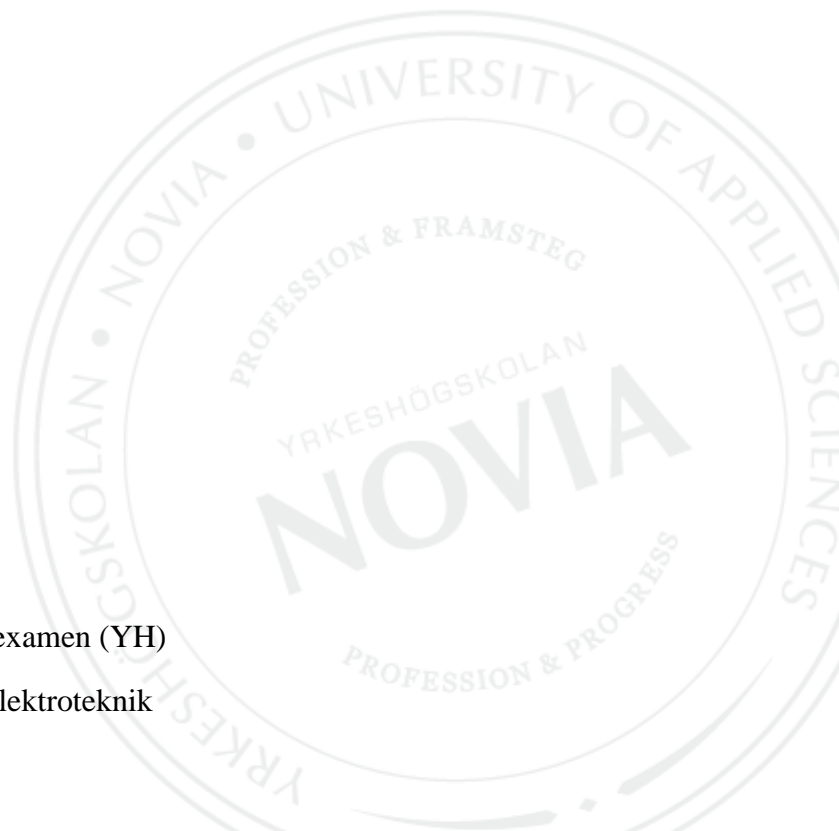
Förplanering av konvertering från fjärrvärme till bergvärme i ett flervåningshus

Ronnie Granlund

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2011



## EXAMENSARBETE

Författare: Ronnie Granlund  
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Elkraftsteknik  
Handledare: Roger Mäntylä

Titel: *Konvertering till bergvärme – Förplanering av konvertering från fjärrvärme till bergvärme i ett flervåningshus*

---

19.05.2011                      24 sidor                      6 bilagor

---

### Abstrakt

Grunden till detta examensarbete är en teknisk samt ekonomisk undersökning om konvertering till bergvärme som gjorts för bostadsbolaget Antellinpuistos räkning. Stigande energipriser gör att Antellinpuisto vill frångå fjärrvärmen som värmekälla och övergå till ett bergvärmesystem som är mindre beroende av framtida energiprishöjningar.

I teoridelen av examensarbetet behandlas jordvärme allmänt, värmepumpens funktionsprincip och dimensionering av bergvärmesystem. Stor vikt har lagts på dimensioneringen av bergvärmesystem, både på ett allmänt plan och för det specifika husbolaget. Problem som kan uppstå vid en konvertering behandlas också i arbetet. För projektet har gjorts offertförfrågningar och man har fått in offerter från två olika värmepumpsinstallatörer.

Resultatet av undersökningen var att det är både tekniskt och ekonomiskt möjligt för husbolaget Antellinpuisto att konvertera till bergvärme.

---

Språk: svenska                      Nyckelord: bergvärme, värmepump, fjärrvärme

---

Förvaras: webbiblioteket theseus.fi

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Ronnie Granlund  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka  
Ohjaaja: Roger Mäntylä

Nimike: *Konvertointi kalliolämpöön – Esisuunnittelu konvertoinnista kaukolämmöstä kalliolämpöön kerrostalossa*

---

19.05                      24 sivua                      6 Liitettä

---

### **Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön pohjana on tekninen ja taloudellinen tutkimus konvertoinnista kalliolämpöön, joka on tehty kerrostaloyhtiö Antellinpuisto Oy:lle. Nousussa olevat energiahinnat ovat pääsyynä siihen, että Antellinpuisto haluaa luopua kaukolämmöstä ja siirtyä kalliolämpöön, joka on vähemmän riippuvainen tulevasta energian hinnan noususta.

Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään maalämpöä yleisesti, lämpöpumpun toimintaperiaatetta ja kalliolämpöjärjestelmän mitoitusta. Erityisesti on käsitelty kalliolämpöjärjestelmän mitoitusta, sekä yleisesti että kyseisen taloyhtiön mukaan. Ongelmia, joita voi syntyä konvertoinnissa käsitellään myös. Projektiin on saatu tarjouksia kahdelta eri lämpöpumppuasentajalta.

Tutkimuksen tulos on, että asuntoyhtiö Antellinpuistolle on sekä teknisesti että taloudellisesti mahdollista konvertoida kalliolämpöön.

---

Kieli: Ruotsi                      Avainsanat: kalliolämpö, lämpöpumppu, kaukolämpö

---

Arkistoidaan: verkkokirjasto Theseus.fi

## BACHELOR'S THESIS

Author: Ronnie Granlund  
Degree programme: Electrical engineering, Vaasa  
Specialization: Electrical power engineering  
Supervisors: Roger Mäntylä

Title: *Conversion into ground source heating - Pre-planning of a conversion from district heating to ground source heating in a storey building*

---

19.05.2011                      24 pages                      6 appendices

---

### Abstract

This thesis work has consisted of making a technical and economic study of the conversion to ground source heating for the housing company Antellinpuisto in Vaasa, Finland. Rising energy prices are the reasons behind the fact that this housing company wants to abandon district heating as heat source and change to a ground source heating system, which is less dependent on future energy price increases.

In the theoretical part of the thesis heat pump technology in general is dealt with, as well as the heat pump function and the design. Great emphasis has been laid on the design of ground source heating systems, both in general terms and for a specific storey building. Problems that may arise during the conversion are also described. For this project requests for quotations have been made and offers from two different heat pump installers have been received.

The result of this thesis work was that for Antellinpuisto it will be, both technically and economically, feasible to convert to ground source heating.

---

Language: swedish                      Key words: Ground source heating, heat pump, district heating

---

Filed at the web library Theseus.fi

## Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Syfte</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Allmänt om jordvärme</b> .....	<b>2</b>
<b>3.1 Jordvärmens kollektorsystem</b> .....	<b>3</b>
<b>4 Värmepumpens funktion</b> .....	<b>4</b>
<b>5 Dimensionering</b> .....	<b>6</b>
<b>5.1 Dimensionering av borrhål</b> .....	<b>7</b>
<b>5.2 Dimensionering av värmepumpen</b> .....	<b>9</b>
<b>5.3 Dimensionering av reservvärme</b> .....	<b>10</b>
<b>5.4 Dimensionering av varmvattenberedare och arbetstankar</b> .....	<b>10</b>
<b>5.5 Dimensionering av värmedistributionssystemet</b> .....	<b>11</b>
<b>6 Beräkningar och offerter</b> .....	<b>14</b>
<b>7 Kompletterande energikällor</b> .....	<b>16</b>
<b>7.1 Solenergi</b> .....	<b>16</b>
<b>7.2 Frånluftsvärmepump</b> .....	<b>19</b>
<b>7.3 Värmeupptagande luftmodul</b> .....	<b>20</b>
<b>7.4 Sammanfattning över kompletterande energikällor</b> .....	<b>20</b>
<b>8 Resultat</b> .....	<b>20</b>
<b>9 Diskussion</b> .....	<b>21</b>
<b>10 Förklaringar och förkortningar</b> .....	<b>22</b>
<b>Källförteckning</b> .....	<b>24</b>

## Bilagor

Stomkarta över Skolhusgatan 3-5	Bilaga 1
Fastighetens energicertifikat	Bilaga 2
Detaljerad offert 1	Bilaga 3
Detaljerad offert 2	Bilaga 4
Beräkning av inbesparning Vasa	Bilaga 5
Beräkning av inbesparning Finland	Bilaga 6

# 1 Inledning

Detta examensarbete är en undersökning om konvertering från fjärrvärme till ett billigare och helst miljövänligare uppvärmningsalternativ. Som det kommer att framgå senare i texten så är bergsvärme det alternativ som vore mest lönsamt att konvertera till. Husbolaget för vars räkning undersökningen är gjord heter Asunto Oy Antellipuisto och är ett 6- våningshus med 48 lägenheter. Den uppvärmda ytan uppgår till 4938 m<sup>2</sup>. Huset är byggt år 1970 och uppvärms idag med fjärrvärme. Energiförbehovet för uppvärmning av byggnaden och bruksvattnet uppgick år 2009 till 811 601 kWh.(Bilaga 2) Värmefördelningscentralen belägen i byggnaden fungerar också som värmefördelningscentral för grannhuset. Undersökningen gjordes i samarbete med ingenjörstuderande Susanne Blomqvist. Detta examensarbete går djupare in på problem som kan uppstå vid konvertering, speciellt då med tanke på byggnadens befintliga radiatorsystem. Det har också lagts mycket tyngd på dimensionering av bergsvärmeanläggningen, både allmänt och för det specifika husbolaget.

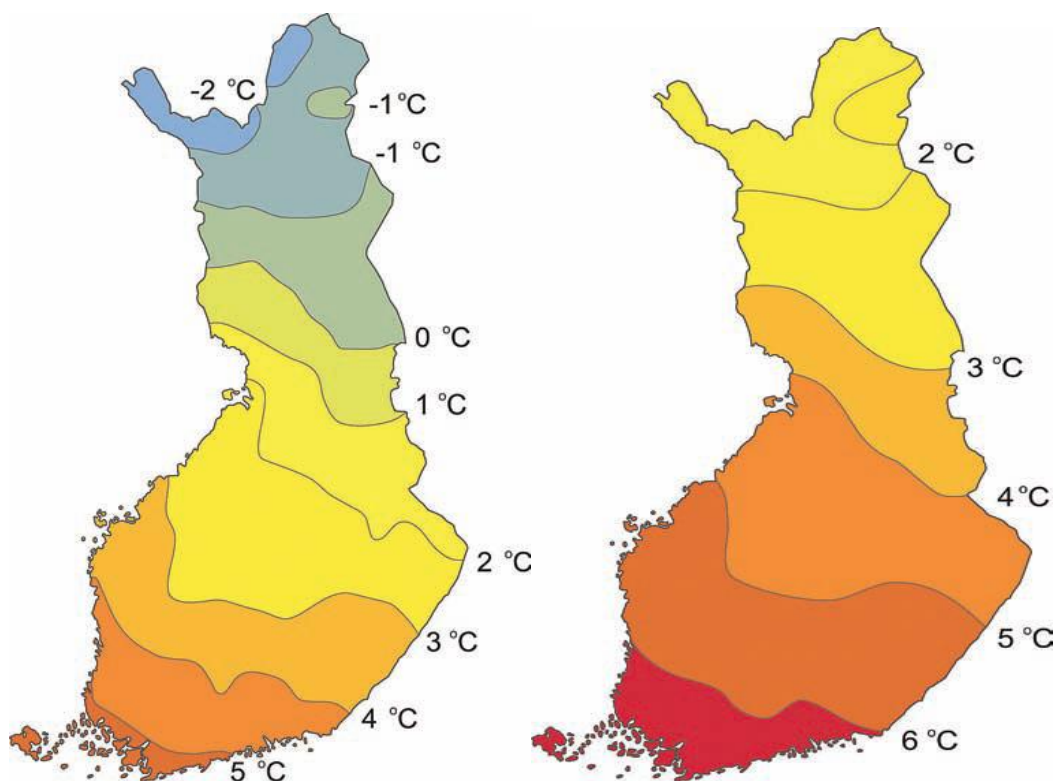
## 2 Syfte

Syftet med denna undersökning var att reda ut om det är ekonomiskt och tekniskt möjligt att konvertera från fjärrvärme till bergvärme för höghusbolaget Antellipuisto Oy.

### 3 Allmänt om jordvärme

Med bergvärme avser man ett uppvärmningssystem där solenergi lagrad i berggrunden används för att värma upp byggnaden. De faktorer som mest inverkar på berggrundens värmeavgivande egenskaper är: typ av berggrund, konsistens och grundvattnets rörelser. Den årliga medeltemperaturen vid markytan i Finland är ungefär 2 grader varmare än den årliga medeltemperaturen i luften (Figur 1). Vid ett djup på 14–15 m ner i berggrunden stabiliseras temperaturen till 5–6 °C, djupare ner i berggrunden så höjer den geotermiska energin temperaturen med ungefär 0,5–1 °C/100 m, detta ger en temperatur på 6–8 °C på 200 meters djup, dessa temperaturer varierar beroende på geografiskt läge. Detta ger ett specifikt energiuttag på 130–170 kWh/m/a och ett specifikt effektuttag på 40–43 W/m för bergvärme och motsvarande siffror för ytjordvärme är: 30–50 kWh/m/a och 12–15 W/m. (Juvonen, 2009)

Användningen av förnybara energikällor ökar hela tiden, och med ökad erfarenhet så kan man utnyttja dem allt bättre. Jordvärme är ett bra exempel på detta, jordvärmen blir allt populärare i hela världen, som exempel kan nämnas att totala antalet jordvärmeanläggningar i 30 länder har ökat med 10 % varje år sedan slutet av 1990-talet. De flesta av dessa länder ligger i USA eller Europa. Sverige är det land i Europa som har flest värmepumpar, bara år 2006 gjordes 40 000 bergvärmepumpsinstallationer i Sverige. (Juvonen, 2009)

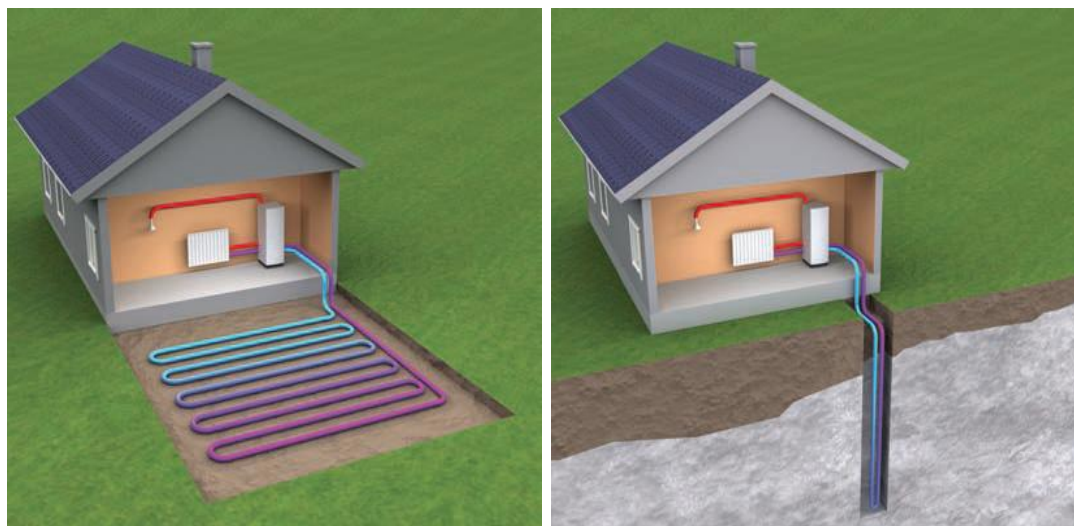


Figur 1. Den årliga medeltemperaturen i luft (till vänster) och den årliga medeltemperaturen vid markytan (till höger) Källa: (Juvonen, 2009)

### 3.1 Jordvärmens kollektorsystem

Med hjälp av värmepumpstekniken kan man utnyttja den värmeenergi som finns lagrad i berggrunden till att under hela året värma upp byggnaden och det behövliga bruksvattnet. Det finns två alternativ att välja mellan om man vill ha jordvärme. Man kan ta värmeenergi från jordytan, ofta kallat ytjordvärme, eller från berggrunden, ofta kallat bergvärme. Det förstnämnda utförs enligt följande: Kollektorslangen grävs ner på en meters djup, där den maximala längden på en slinga är 400 meter. Ifall att värmeenergiebehovet för byggnaden är så stort att det behövs mer än en 400 meter slinga läggs flera slingor parallellt. Den nergrävda kollektorslangen upptar därefter värmeenergi som lagrats vid jordytan. Det andra alternativet, bergvärme, utförs på så vis att man borrar en värmebrunn, med ett djup på maximalt 200 meter. Om värmeenergiebehovet för byggnaden är så stort att det krävs ett större djup än 200 meter borrar flera hål bredvid varandra, med minst 15 meter emellan. Hålen kan dock borrar närmare varandra ifall man borrar dem i vinkel från varandra. Därefter sänks kollektorslangen ner i värmebrunnen varifrån den upptar värmeenergi. Energin transporteras i kollektorslingor vidare till värmepumpen. Bergvärme är dyrare att installera då borrhålet är relativt dyrt, men å andra sidan så behövs nästan tre gånger

längre kollektorslang till jordvärmens för att få ut samma effekt, då maximalt uttagen effekt för en värmebrunn är 40–43 W/m och för jordvärmeslinga 12–15 W/m. Dessutom kan man ta tillvara den värmeenergi som lagras i sjöar genom att förankra kollektorslangen i sjöbottnet, men det behandlas inte i detta material. (Juvonen, 2009)

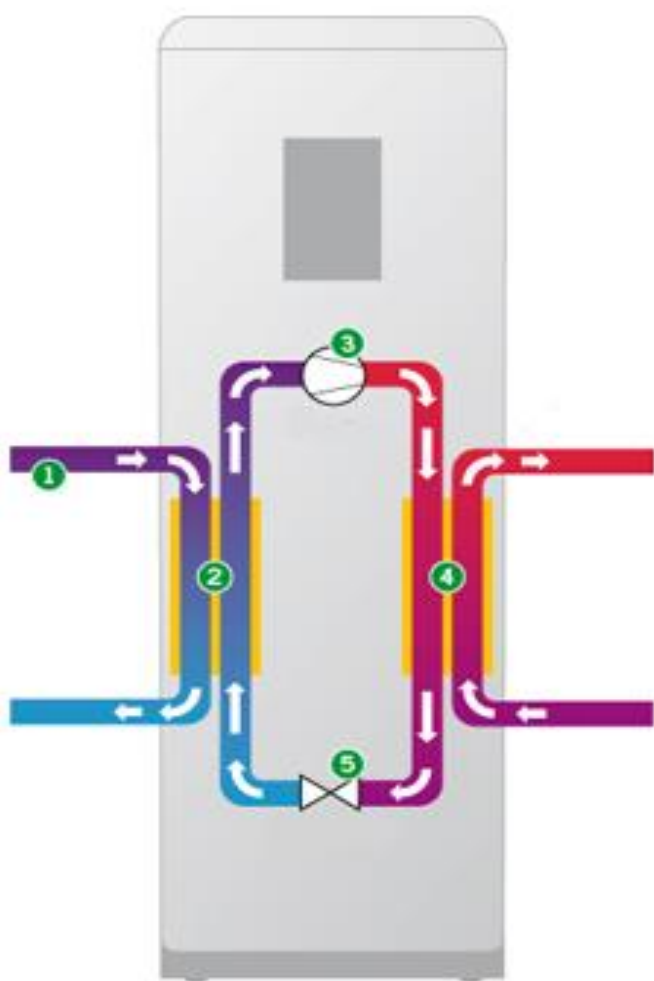


Figur 2. Jordvärmens kollektorsystem: Ytjordvärme(till vänster) och bergsvärme(till höger). Källa: Thermia

## 4 Värmepumpens funktion

Då man inte har någon direkt nytta av den låga temperaturen på brinevätskan som pumpas runt i kollektorslangen så måste man höja dess värmeenergi till något användbart, detta görs enligt följande: Värmepumpen består av 4 huvuddelar, förångare, kompressor, kondensator och en expansionsventil. Kollektorslingans vätska(brinevätska) som i de flesta fall består av bioetanol (30 %) och rent vatten (70 %), pumpas runt i kollektorslangen där den tar upp värmeenergi från berggrunden, och återvänder till pumpen ungefär 4 grader varmare än då den gick ut från pumpen. Brinevätskan kommer tillbaka till pumpen med en temperatur på ca. 0-6 °C och möter där förångaren, i förångaren överförs värmen till köldmediet(vanligast R410A och R407C) som värms upp över sin kokpunkt och förångas. Kokpunkten för R410A vid normalt tryck är ungefär -40 °C, om man då höjer trycket så kan man flytta kokpunkten, på så vis kan man använda värmepumpen även i mycket kallt klimat. Efter att gasen förångats och kompressorn har höjt trycket och fått till stånd en

temperaturhöjning så körs köldmediet, i gasform genom kondensorn där värmen avges till vattnet som cirkulerar i husets värmesystem, bestående av en vattenberedare, radiatorer och en cirkulationspump, som i sin tur värmer upp hela huset och bruksvattnet. När köldmediet avger värmeenergi så kyls det ner och återgår till vätskeform, men är dock ännu under högt tryck tills det kommer till expansionsventilen där trycket sjunker, köldmediet blir åter iskallt och därefter körs samma process igen från början. Nedan en bild på bergvärmepumpens funktionsprincip med mera lättförståelig bildtext som beskriver funktionen. (Svepinfo, 2011)



Figur 3. Värmepumpens funktionsprincip Källa: Thermia

1. En brinevätska pumpas runt i en kollektorslinga och tar upp värmeenergi från berggrunden
2. Vid förångaren möter den ljumma brinevätskan det iskalla köldmediet\*\* som cirkulerar i värmepumpen. Köldmediet värms då upp tills det förångas.
3. En kompressor höjer därefter trycket på det nu gasformiga köldmediet. När trycket ökar, ökar också temperaturen.

4. Via en värmväxlare (kondensor) överförs värme från det heta köldmediet till husets värmesystem, och i samband med det sjunker temperaturen och köldmediet blir till vätska igen.
5. Köldmediet cirkulerar vidare. I expansionsventilen sänks trycket tillbaka, vilket medför att temperaturen sjunker till den ursprungliga. Processen börjar om när köldmediet åter möter brinevätskan från kollektorslingan i punkt 2.

*\*\* I dag används miljöskonsamma köldmedier, till exempel kolväten och koldioxid. Tidigare användes freoner. (Thermia, 2011)*

För att få upp bruksvattnet i temperaturer som är användbara så cirkulerar man vattnet genom kondensorn flera varv, då varje varv tillför värmeenergi så får man snart upp temperaturen tillräckligt varvid värmepumpen kan ta en paus. Högsta temperaturen man kommer upp till med värmepumpen är ungefär +60 °C, beroende på tillverkare. Den låga maximala temperaturen kan leda till problem speciellt om det handlar om en konvertering från något annat system, t.ex. uppvärmning med oljepanna, som har hållit en temperatur på +85 °C de kallaste dagarna för att kunna förse byggnaden med tillräcklig värme. Problemet orsakas av att värmeradiatorerna ofta är dimensionerade så att man måste ha höga temperaturer när det är kallt ute. Då man installerar värmepumpen i ett sådant system bör man göra noggranna beräkningar på radiatorerna och möjligtvis byta till större. Mer om detta i kapitlet dimensionering. (SULPU, 2011)

## 5 Dimensionering

Det viktigaste skedet i planeringen av en bergsvärmeanläggning är dimensioneringen. En fel dimensionerad anläggning blir dyr i drift, slits ut i förtid och kanske inte klarar av att förse byggnaden med värme. Om anläggningen är överdimensionerad så går värmepumpen ofta och med korta drifttider, vilket innebär att den går längre tider med sämre verkningsgrad. Värmepumpen når sin maximala verkningsgrad inom 1–5 minuter efter start, detta beror på köldmediet, kompressorns tryck och cirkulationen. Frekventa starter leder till att värmepumpen slits ut snabbt samt att man inte får samma verkningsgrad ur anläggningen. En underdimensionerad anläggning innebär att det finns stor risk att temperaturen i borrhålet sjunker, vilket kan leda till att borrhålet isar igen och därmed sjunker energiavgivningen. Dessutom så går värmepumpen i värsta fall oavbrutet,

rekommenderade antal drifttimmar för en bergsvärmepump är 3500 – 4000 h/år. (SULPU, 2011)

I dimensioneringen av en bergvärmeanläggning ingår fem egentliga delar: dimensionering av borrhålen, dimensionering av värmepumpen, dimensionering av reservvärme, dimensionering av beredare samt arbetstankar och dimensionering av det värmeavgivande systemet (radiatorer, golvvärmslingor). (Personligt samtal, IVT Pohjanmaa, 13.01.2011)

## 5.1 Dimensionering av borrhål

Dimensionering av borrhål utförs enligt följande:

Man beräknar eller mäter upp värmeenergin som byggnaden förbrukar under ett års tid. Detta bör göras under flera år för att få ett tillförlitligt resultat på grund av att utetemperaturen kan variera rätt mycket från år till år. I praktiken görs detta enkelt om man har oljeuppvärmning, då för man register över oljeförbrukningen och beräknar därifrån den totala energiåtgången i kWh. Om man har fjärrvärme så förs ett automatiskt register som man kan få av sin fjärrvärmeleverantör. Man kan dimensionera borrhålet enligt följande: (Personligt samtal med bergvärmeexpert Anders Thors, Ingenjörbyrå Polypoint 14.03.2011).

1. Värmeenergi som fås ur borrhålet,  $Q_{borrhål}$  i kilowattimmar (kWh)

$$Q_{borrhål} = \text{årsenergibehov}(kWh) \cdot \left(1 - \frac{1}{COP}\right) \quad (1.1)$$

COP = värmepumpens verkningsgrad, normalt runt 3 (se kapitlet 10 för noggrannare förklaring)

2. Borrhålets djup  $L_{borrhål}$  i meter (m)

$$L_{borrhål} = \frac{Q_{borrhål} \frac{kWh}{a}}{140 \frac{kWh}{m \cdot a}} \quad (1.2)$$

Om man med dessa ekvationer beräknar det erforderliga borrhålets djup för höghusbolaget Antellinpuisto Oy så får man fram följande:

$$Q_{borrhål} = 811601 \frac{kWh}{a} \cdot \left(1 - \frac{1}{3}\right) = 541067 \frac{kWh}{a}$$

$$L_{borrhål} = \frac{541067 \frac{kWh}{a}}{140 \frac{kWh}{m \cdot a}} = 3865m$$

Då den maximala längden på ett borrhål är 200 m så blir antalet borrhål:

$$\frac{3865m}{200 \frac{m}{borrhål}} = 19,3borrhål$$

Detta stämmer relativt bra överens med offerter som begärts för projektet. (Bilaga 3 och 4)

## 5.2 Dimensionering av värmepumpen

Dimensionering av värmepumpen kan göras på två olika sätt:

1. Anläggningen dimensioneras så att den täcker hela det maximala effektbehovet.
2. Anläggningen dimensioneras för att täcka 50–80 % av det maximala effektbehovet. Detta leder till att 85–99 % av det årliga värmeenergibehovet täcks. Resten av värmeenergibehovet tillgodoses lämpligen med en eller flera elpannor som får arbeta då det är väldigt kallt utomhus.

Det senare nämnda sättet är att rekommendera då en värmepump dimensionerad för att täcka en viss procent av effektbehovet, går längre tider med högre verkningsgrad än en värmepump som är dimensionerad för att klara av toppeffektbehovet som uppkommer under årets kallaste dagar. Under dessa kalla dagar när värmepumpen i fall 2 inte klarar av att leverera erforderlig effekt så kopplas elpannan in och tillgodoser effektbehovet. På årsbasis är de dagar som är så kalla att man behöver ta hjälp av elpannan för att få den extra värmeenergi som krävs för att hålla byggnadens innetemperatur på en tillräcklig nivå så få, att den energi som går åt till elpannan bara blir en bråkdel av den extra energi som en större värmepump dimensionerad för toppeffektbehovet skulle kräva. En värmepump dimensionerad enligt fall 2 ger alltså en högre verkningsgrad och slits mindre då antalet starter och stopper är färre än vid en värmepump dimensionerad enligt fall 1. (Perälä, 2009)

Vid val av värmepump kan man följa en tumregel som säger att värmepumpen bör vara 10 kW per 200 m borrhål, i fallet Antellinpuisto blir då värmepumparnas totaleffekt  $19,3 \cdot 10 \text{ kW} = 193 \text{ kW}$ . Detta är en grov tumregel som stämmer bättre i vissa sammanhang, men det är den enda beräkningsgrund som stod att finna. Alla värmepumpstillverkare har egna dimensioneringsprogram som beräknar både borrhålets djup, värmepumpens storlek, samt alla detaljer som kan tänkas behövas, utgående från tidigare årsenergiförbrukning eller vid fall av nybyggnad görs en uppskattning på årsförbrukningen utgående från husets storlek, geografiska placering och typ av isolering med mera. (Personligt samtal med Jörgen Grankulla, Techeat 20.03.2011)

### 5.3 Dimensionering av reservvärme

Reservvärme behöver man dimensionera skilt vid större anläggningar och vanligast är att man sätter in en eller flera elpannor. Vid mindre anläggningar är elstavarna ofta inbyggda i värmepumpen, på så vis behöver man ju inte dimensionera dem skilt. Elpannorna dimensioneras så att de kan täcka det resterande energibehovet när byggnaden kräver sin maximala värmeenergi, för att vara på säkra sidan så överdimensioneras ofta elpannorna. Man kan göra en grov beräkning enligt följande. (Personligt samtal, IVT Pohjanmaa, 13.01.2011)

Värmepumparnas totaleffekt  $P_v$ , som i detta fall har beräknats till 193 kW täcker 50–80 % av maximala effektbehovet, de resterande 20–50 % måste ju tillgodoses med annan värmekälla ( $P_{el}$ ), från detta får vi:

$$P_{elpannor} = P_v \cdot 0,25 \quad (1.3)$$

$$P_{elpannor} = 193kW \cdot 0,25 = 48,25kW$$

Detta ger att vi bör ha elpannor med sammanlagd effekt på 48,25 kW

### 5.4 Dimensionering av varmvattenberedare och arbetstankar

Nästa steg i dimensioneringen är att dimensionera varmvattenberedare och arbetstankar, dessa dimensioneras enligt varmvattenförbrukning (bruksvatten) och det behov som uppvärmningssystemet har. Faktorer som inverkar på dessa är ju förstås antalet personer i byggnaden, byggnadens användningsändamål, finns det t.ex. restaurang i byggnaden så är bruksvattenbehovet större. Andra saker som höjer bruksvattenbehovet är simbassänger, bubbelpoler, stora badkar och så vidare. Det är mycket viktigt att gå igenom alla förbrukningspunkter och ta med dem i beräkningarna när man dimensionerar vattenberedare och arbetstankar. (Personligt samtal, IVT Pohjanmaa 13.01.2011)

## 5.5 Dimensionering av värmedistributionssystemet

Det sista steget i dimensioneringen är att dimensionera värmedistributionssystemet, oftast vattenburna radiatorer eller vattenburen golvvärme. Det mest ekonomiska och bäst fungerande system vid bergvärmestillämpningar är vattenburen golvvärme. Fördelarna med vattenburen golvvärme är bland annat den låga framledningstemperaturen (35–40 °C), som är en följd av att man har en så stor värmeavgivande yta. Värmepumpen är den enda värmekälla som får högre verkningsgrad ju lägre temperaturer den arbetar i. (SULPU, 2011)

Vattenburet radiatorsystem är ett av de vanligaste värmedistributionssystemen i Finland. Det viktiga vid dimensionering av ett nytt radiatorsystem i samband med värmepump, är att dimensionera ett lågtempererat radiatorsystem. Det vill säga ett system som klarar av att förse byggnaden med tillräcklig värme men ändå hålla en framledningstemperatur på under 55 °C. Man pratar ofta om radiatorsystemets nyckeltal. Vid lågtempererade system är det ofta 55/45 eller ibland lägre, vilket betyder att vid DUT (Dimensionerande Ute Temperatur), som är den kallaste temperaturen på året, för Vasa är DUT -28 °C (IVT:s dimensioneringsprogram) klarar uppvärmningssystemet av att hålla byggnaden uppvärmd med en arbetstemperatur på högst 55 °C. En faktor som man kan påverka för att få ner arbetstemperaturen är radiatorernas storlek. Det vill säga värmeavgivande ytan, ju större yta desto lägre arbetstemperatur behövs. En annan sak som bör beaktas är hur radiatorerna är kopplade. Det finns två egentliga sätt att koppla radiatorerna, seriekoppling och parallellkoppling. Vid seriekoppling sjunker temperaturen för varje radiator. Detta kompenseras ofta med större radiatorer i slutet av slingan. Om denna koppling används är det svårt att få ner arbetstemperaturen till under 55°C. Därför är det mest lämpade kopplingssättet vid bergvärmestillämpningar parallellkoppling, där framledningstemperaturen i princip är densamma fram till varje enskild radiator, då är det enklare att få ner arbetstemperaturen genom att installera större radiatorer. (SULPU, 2011)

Vid konvertering från ett högtempererat system (fjärrvärme, oljepanna) till bergvärmesystem är det ytterst viktigt att man tar reda på det gamla systemets nyckeltal som normalt är 70/40 eller 80/60. Detta tycks vara en sak som de flesta lämnar bort när de dimensionerar bergvärmesystemet. Beräkningarna som kommer nedan visar att det är

ytterst väsentligt att beakta detta vid dimensioneringen. I hus byggda före 1960 är radiatorerna ofta överdimensionerade, så i dessa fall borde det inte vara några problem att installera värmepumpssystem, men i hus byggda på 1960- och 1970-talet är radiatorerna ofta små och därför kräver de högre arbetstemperaturer. Det finns dock undantag från dessa, så varje projekt bör undersökas enskilt. Nyckeltalen finns oftast inskrivna på VVS-ritningarna över huset, därifrån hittas också DUT. Ifall man inte kan finna dessa tal så kan man mäta temperaturen som går ut från värmecentralen när det är som kallast ute, på så vis får man fram nyckeltalen. Nackdelen med detta är att man endast kan göra detta under den kallaste årstiden. Ett annat sätt är att mäta ytan på radiatorerna och jämföra med utrymmets behov av värmeeffekt. Nu följer beräkningar på hur mycket arbetstemperaturen faktiskt inverkar.

Som exempel tas ett gammalt hus på vilket skall göras en konvertering från uppvärmning med oljepanna till värmepumpsuppvärmning. Radiatorsystemet lämnas kvar och man installerar en värmepump.

Det gamla systemets nyckeltal är 80/60. Värmepumpens nyckeltal är 55/45. Utrymmets behov av uppvärmningseffekt är 1000 W. Vid dimensionering av radiatorsystem används övre temperaturen, så först beräknas skillnaden i övre temperatur vid de olika nyckeltalen.

Det gamla systemets övre temperatur:

$$\Delta t_{\text{gammal}} \frac{80 + 60}{2} - 20 = 50^{\circ}\text{C} \quad (1.4)$$

Det nya systemets övre temperatur:

$$\Delta t_{\text{ny}} \frac{55 + 45}{2} - 20 = 30^{\circ}\text{C} \quad (1.4)$$

Som det framkommer ur dessa beräkningar är skillnaden i övre temperatur 20 °C, så det är självklart att man för att få fram samma effekt behöver större yta på radiatorerna i det nya systemet.

Vilken storlek på radiatoren bör väljas ur 80/60 tabellen för att få uppvärmningseffekten att stanna på 1000W även med nyckeltalet 55/45?

$$\Phi_{rad} = \left( \frac{\Delta t_{gammal}}{\Delta t_{ny}} \right)^{1,3} \cdot P_{radiator} \quad (1.5)$$

$$\Phi_{rad} = \left( \frac{50}{30} \right)^{1,3} \cdot 1000W = 1943W$$

Faktorn 1,3 i formeln är värmeavgivningsexponenten.

Beräkningarna visar tydligt att ändringen i nyckeltalet nästan fördubblar den behövliga värmeavgivande ytan. En annan sak som påverkas av ändrat nyckeltal är volymflödet i radiatorslingan/slingorna. På grund av detta bör man granska radiatorslingornas dimensioner, cirkulationspumpens hastighet bör ändras och så vidare. Nu följer ett exempel på hur man kan beräkna volymflödet.

Byggnadens behov av uppvärmningseffekt är 12 kW och då får man med det gamla systemet ett volymflöde på:

$$q_v = \frac{12kW}{1 \cdot 4,2 \cdot (80 - 60)} = 0,14 \frac{dm^3}{s} \quad (1.6)$$

Motsvarande med det nya nyckeltalet:

$$q_{v2} = \frac{12kW}{1 \cdot 4,2 \cdot (55 - 45)} = 0,29 \frac{dm^3}{s}$$

Då volymflödet påverkar tryckfallet kan det uppstå problem i samband med förhöjt volymflöde och man kan tvingas byta ut hela radiatorslingans rörpaket, som exempel kan nämnas att vid ett flöde på 0,14 dm<sup>3</sup>/s och en rördimension på DN25 är tryckfallet 35Pa/m. Om volymflödet höjs till 0,29 dm<sup>3</sup>/s och man har kvar samma dimension på rören så blir tryckfallet 120 Pa/m. Ifall tryckfallet inte blir alltför högt kan man åtgärda genom att justera in cirkulationspumpen och genom att strypa volymflödet till de radiatorer som ger för mycket värme, samt se till att man får ett fritt flöde till de radiatorer som inte riktigt klarar av att ge tillräcklig värme.

Om volymflödet blir alltför stort så bör man byta ut rörsystemet i hela byggnaden, vilket är en kostsam åtgärd. (SULPU, hämtat 13.01.2011)

## 6 Beräkningar och offerter

Nu följer lite beräkningar på den ekonomiska delen. Om man utgår från offerten från IVT så skulle investeringen uppgå till 232 719,00 €. Besparingen per år enligt IVT:s program skulle vara 20 197,00 €. Med dessa tal skulle tillbakabetalningen ske på 11,5 år. Men då har man inte beaktat eventuella lån och inte heller förväntad prishöjning på energi. Vasa har rätt så billig fjärrvärme jämfört med övriga Finland. I Vasa kostar fjärrvärmens 46,40 €/MWh för höghus i klass IV, medan medelpriset i landet är 62,87 €/MWh (Energiateollisuus Ry, Kaukolämpö), prisuppgifter 1.1.2010. Med tanke på detta kan man vänta sig att fjärrvärmepriset kommer att stiga rätt så kraftigt under de kommande åren,

speciellt då fjärrvärmepriset steg i medeltal i hela landet under en halvårsperiod i slutet av 2010 med 12,3 %, en mycket stor höjning. (Energiateollisuus Ry, 2010)

Beräkningar har gjorts på en femtonårsperiod både med priset på fjärrvärme i Vasa och med medelpriset på fjärrvärme i Finland som grund, COP som använts är 3. Energipriserna på både fjärrvärme och el antas stiga 4 % per år, vilket är försiktigt räknat. (Se bilagorna 5 och 6)

Beräkningen med fjärrvärmepriset i Vasa som grund gav följande resultat:

Kostnad för uppvärmning med fjärrvärme totalt 2011–2025: 883 250,75 €

Kostnad för uppvärmning med värmepump totalt 2011–2025: 595 876,00 €

Differens totalt 2011–2025: 287 374,75 €

Investering totalt: 232 719,00 €

Beräkningen med medelpriset på fjärrvärme i Finland som grund gav följande resultat:

Kostnad för uppvärmning med fjärrvärme totalt 2011–2025: 1 147 332,16 €

Kostnad för uppvärmning med värmepump totalt 2011–2025: 595 876,00 €

Differens totalt 2011–2025: 551 456,16 €

Investering totalt: 232 719,00 €

Som det framgår av beräkningarna är fjärrvärmepriset av stor betydelse när man jämför inbesparning. Detta kan ges som argument till att det i Vasa ännu inte blivit så populärt att byta bort fjärrvärmen till förmån för bergvärme, vilket det är i städer med högre pris på fjärrvärmen.

## 7 Kompletterande energikällor

En värmepumpsanläggning kan kompletteras med andra energikällor, här följer några exempel på dylika. Kompletterade energikällor rekommenderas speciellt i de fall där borrhålen underdimensionerats. (Kjellsson, 2004)

### 7.1 Solenergi

Som kompletterande energikälla kan man använda solpaneler, dessa bör dock vara vattenburna solpaneler. Det har gjorts en del undersökningar om kombinationen solfångare/bergvärmepump, de tidigaste redan i slutet av 1970-talet. Resultaten från undersökningarna visar oftast att de olika systemen är så komplexa och olika att det är svårt att tillämpa systemen och få samma resultat i andra förhållanden när klimatet och övriga förhållanden ändras. Kjellsson (2004) skriver: *“Att kombinera solfångare med bergvärmepump ger möjlighet till olika systemlösningar som kan anpassas till skilda förutsättningar och applikationer.”*

När man använder solfångare och värmepump i samma system ger man dem nya förutsättningar till drift vilka höjer verkningsgraden för både solfångarna och värmepumpen. Solfångarna i ett kombisystem producerar användbar energi vid lägre temperaturer än en normal ensamstående solfångare. På grund av detta höjs verkningsgraden då man får minskade värmeförluster, längre drifttid, lägre instrålningsnivåer blir möjliga att utnyttja och man kan lagra en del av extra energin genom att pumpa värme tillbaka till borrhålet. Verkningsgraden på värmepumpen kan höjas genom att höja temperaturen på förångaren med hjälp av solvärmen. Dessutom så kan solvärmen avlasta värmepumpen under sommarmånaderna då bara uppvärmning av bruksvatten är nödvändigt, vilket är perioden då värmepumpen går med sämst verkningsgrad.

Vidare skriver Kjellsson: *“Fördelarna med en kombination av solfångare och bergvärmepump är många och av olika slag, beroende på vilken typ av solfångare som används och hur styrningen av systemet är utformat.”*

En av dessa fördelar är att under sommarmånaderna kan allt bruksvatten värmas upp med solvärme och på så vis undviker man att värmepumpen körs igång. Detta är fördelaktigt då värmepumpen för att producera endast varmvatten går i korta perioder men ofta. En värmepump skall ju gå längre perioder och sällan för att ha hög verkningsgrad. I och med att värmepumpen inte körs så återladdas borrhålet naturligt från omgivningen då man inte behöver ta ut någon energi ur det. (Kjellsson, 2004)

I kombinationer med solfångare och värmepumpar är det viktigaste att få en optimal styrning och att få systemen att samverka. Detta görs i grova drag enligt följande:

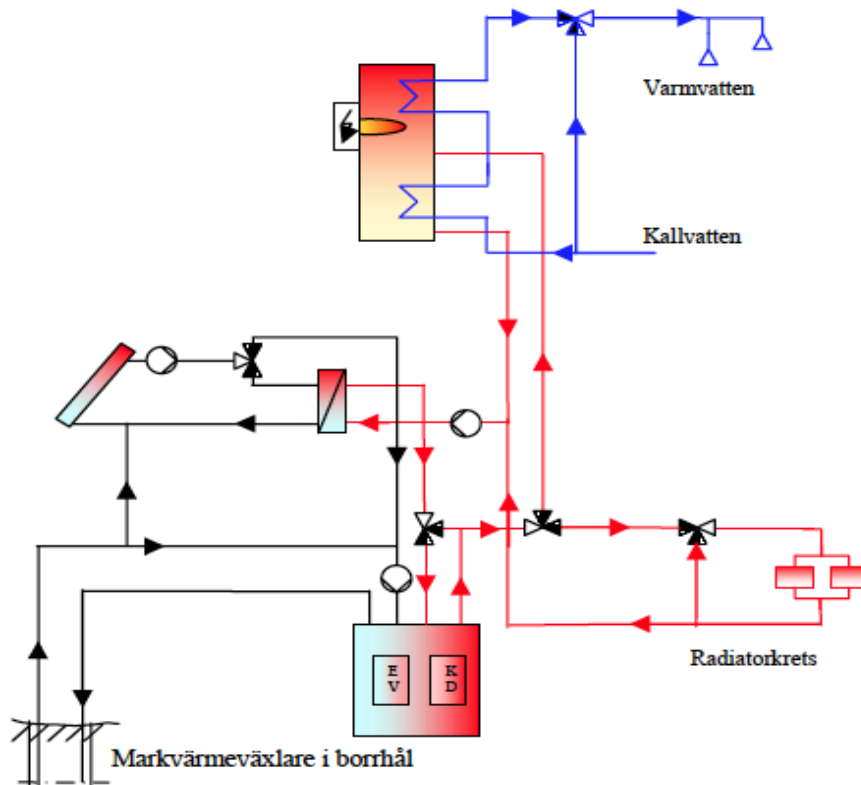
När solfångaren producerar sin högsta temperatur värmer man upp bruksvattnet direkt. Ifall bruksvattnet nått tillräcklig temperatur eller ifall solfångarens producerade temperatur är för låg för att ge någon värme till bruksvattnet kör man värmen i byggnadens uppvärmningssystem i stället. Ifall byggnaden inte behöver någon extra värme eller den producerade temperaturen är för låg så kan man i stället köra värmen till förångaren som vid förhöjd temperatur ger värmepumpen en högre verkningsgrad. Om man inte heller här har något behov kör man solvärmens ner i borrhålet för att “ladda” det. Slutsatser man kan dra är att kombinationen solfångare/bergvärmepump i teorin borde fungera utmärkt, undersökningar visar dock att resultatet av att kombinera de två kan ha varierande framgång. Nyckeln till ett bra resultat är att optimera styrsystemet för anläggningen. (Kjellsson, 2004)

Kjellsson har i sin avhandling ett antal referenser på kombinationsanläggningar, här följer direkta citat ur avhandlingen.

*“Två projekt från Österrike med kombinationen solfångare och bergvärmepump redovisar verkliga utfall och energibalanser. Ett projekt i Klagenfurt består av en villa med 218 m<sup>2</sup> bostadsyta, 20 m<sup>2</sup> solfångare och 1 m<sup>3</sup> värmelager, kopplade till en bergvärmepump. För 1994 var värmebehovet för huset, inklusive tappvarmvatten ca 17 100 kWh. Solvärmeanläggningen producerade ca 5 000 kWh, ca 8 400 kWh hämtades ur marken med värmepumpen och ca 3 700 kWh (22 %) el användes av värmepumpen (Faninger 1999).*

*Ett annat projekt i Linz redovisas kortfattat för 1996. Det är ett flerfamiljshus med 9 lägenheter i Ökopark Linz med ca 490 m<sup>2</sup> bostadsyta, kopplade till bergvärmepump och solvärmesystem. I detta projekt redovisas elbehovet till endast 9 % av årsbehovet för uppvärmning och tappvarmvatten, resten kommer från solfångare och bergvärme från värmepumpen (Faninger 1999)”.*

Utgående från dessa siffror kan man lätt dra slutsatsen att kombinationen bergvärme och solfångare är fördelaktig, både ekonomiskt och ur miljöperspektiv. Men riktigt så enkelt är det inte då klimatet i Finland inte motsvarar klimatet i Österrike. Ifall man väljer att komplettera bergvärmesystemet med solfångare så krävs noggranna förundersökningar. Sammanfattningsvis kan sägas att solfångaren höjer bergvärmepumpens årsverkningsgrad (SPF, Seasonal Performance Factor), vilket ju ger en större besparing än man skulle få med en anläggning utan solfångare. Denna besparing är dock svår att beräkna då det finns så många aspekter som påverkar resultatet. Figur 4. visar hur ett kombisystem kan vara uppbyggt.



Figur 4. Kombisystem där solfångarna kan värma bruksvattnet, det värmeavgivande systemet, förångaren eller borrhålet. Källa: (Kjellsson E. 2004)

## 7.2 Frånluftsvärmepump

För att frånluftsvärmepumpen skall fungera krävs att byggnaden har ett mekaniskt ventilationssystem, vilket Antellinpuisto har. Frånluftsvärmepumpen används vanligen för att värma upp bruksvattnet, men kan också användas för att värma upp både byggnaden och bruksvattnet. Eftersom frånluftsvärmepumpen har lägre verkningsgrad än bergvärmepumpen så vinner man inget på att installera ett skilt system med frånluftsvärmepump. Däremot så har NIBE tagit fram en frånluftsmodul som är avsedd att implementeras med bergvärmesystemet. Den används för att höja temperaturen på förångaren i bergvärmepumpen som på så vis får högre verkningsgrad. När värmepumpen inte är i drift kan man köra frånluftsmodulen för att ladda borrhålet. (Nibe, hämtat 13.03.2011)

Man bör beakta att frånluftsmodulen förbrukar elenergi då den är i drift, därför är komplettering med frånluftsvärme inte lika effektivt som att komplettera med solenergi.

### 7.3 Värmeupptagande luftmodul

Nibe har också tagit fram en luftmodul, AMB 30, som utnyttjar utomhusluften för att producera energi, vilket betyder att den inte belastar borrhålen. AMB 30 fungerar i princip som en värmeväxlare som växlar uteluftens energi till ett brinesystem med hjälp av en fläkt. Denna modul rekommenderas speciellt i fall där det visat sig att borrhålen underdimensionerats. (Nibe, hämtat 13.03.2011)

### 7.4 Sammanfattning över kompletterande energikällor

Sammanfattningsvis kan sägas att den kompletterande energikälla som är mest miljövänlig och ekonomiskt försvarbar är solenergi, då man bara behöver tillföra energi till cirkulationspumpar och styrsystemet. De andra energikällorna som har behandlats i detta material behöver ju tillförd elenergi för att fungera, de har dessutom lägre verkningsgrad än bergvärmepumpen, därför används de främst som komplement i de fall då borrhålen underdimensionerats.

## 8 Resultat

En konvertering från fjärrvärme till bergvärme är både tekniskt och ekonomiskt möjlig, till och med fördelaktig, ytterligare undersökning rekommenderas dock att utförs på radiatorsystemet, se kapitel 5.5.

Ett bergvärmesystem rekommenderas för höghusbolaget Antellinpuisto med följande motiveringar:

Ett miljövänligare alternativ än fjärrvärmen, bergvärme har bevisats vara den uppvärmningsform som har minst påverkan på växthuseffekten (Nibe, 13.03.2011) Återbetalningstiden är relativt kort, beroende på hur prishöjningar på energi uppskattats får man en återbetalningstid på 8–12 år.

Under en 15-årsperiod får Antellinpuisto Oy 54 655,75 € ”tillgodo”, det vill säga investeringen är bortbetald och man har betalat 54 655,75 € mindre för uppvärmningen än man skulle ha betalat om man fortsatt med fjärrvärme. Motsvarande siffror skulle vara 318 737,16 € om man utgår från medelpriset på fjärrvärme i Finland. (Bilagorna 5 och 6)

Man är inte längre beroende av en enda leverantör som man är med fjärrvärmen.

## 9 Diskussion

För att få ännu kortare betalningstid så rekommenderas att förfrågan görs till grannbolaget, med vilka Antellinpuisto delar värmecentral, om de vill vara delaktiga i projektet. Detta skulle ge en kortare betalningstid i och med att när den årliga totala energiförbrukningen stiger så stiger inbesparningen enligt följande exempel:

$$10000kWh \cdot 0,045 \frac{\text{€}}{kWh} - 10000kWh \cdot 0,3333 \cdot 0,11 \frac{\text{€}}{kWh} = 83,37 \text{€}$$

$$20000kWh \cdot 0,045 \frac{\text{€}}{kWh} - 20000kWh \cdot 0,3333 \cdot 0,11 \frac{\text{€}}{kWh} = 166,74 \text{€}$$

Från detta ser vi att besparningen stiger med dubbelt ( $166,74 \text{ €} / 83,37 \text{ €} = 2$ ) då energiförbrukningen stiger med dubbelt, detta följer en linjär kurva. Faktorn 0,3333 i formeln är den del tillförd energi som behövs då COP- värdet är 3, resten fås gratis ur berggrunden.

Det som har noterats speciellt med denna undersökning är att det inte finns tillräcklig sakkunskap bland värmepumpsinstallatörerna i nejden. Som exempel kan nämnas att man aldrig kommenterade problemet med radiatorerna vid en konvertering. Dessutom var det många som inte vågade sig på att räkna offerter på ett så stort projekt som Antellinpuisto. Med detta som bakgrund kan man anta att det finns ett tomrum att fylla när det kommer till att beräkna större värmepumpsanläggningar i nejden.

Enligt gamla beräkningsformler för borrhjup så används oftast ett specifikt energiuttag på 50 kWh per meter och år som grund. Detta gäller om man dimensionerar med så kallad torrt borrhål. Det som används vid dimensionering idag är 130–170 kWh per meter och år.

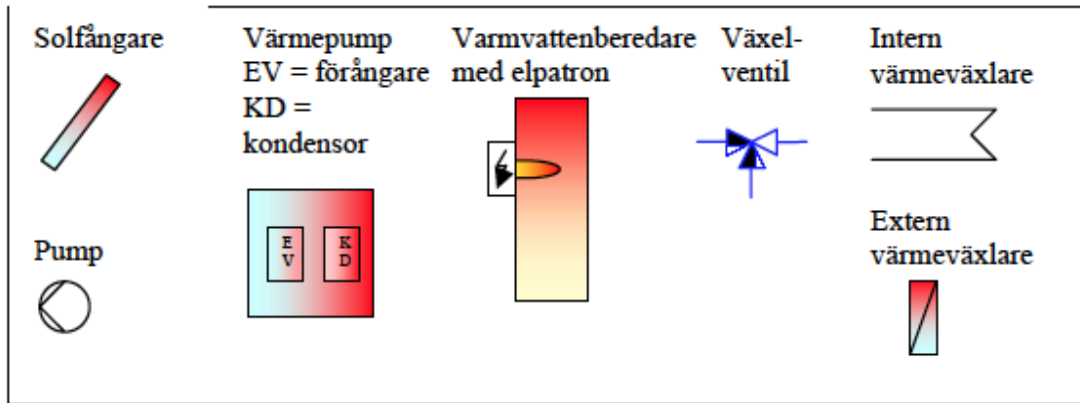
## 10 Förklaringar och förkortningar

COP = Coefficient Of Performance = anger förhållandet mellan den energi som värmepumpen avger och den energi den förbrukar, är normalt runt 3.

SPF = Seasonal Performance Factor = anger årsverkningsgraden på värmepumpen.

DN25 = Rör med nominell diameter 25mm, (inre mått)

Nedan symbolförklaringar för figur 4. (Kjellsson E. 2004)



# Källförteckning

Aittomäki, A. (2001). *Lämpöpumppulämmitys*. Espoo: SULPU ry.

Energiateollisuus ry. (2010). *Kaukolämmön hinta*. [Online] <http://www.energia.fi/> (hämtat 16.03.2011).

Faninger, G. (1999). *Erdgekoppelte Wärmepumpen – Betriebsdaten von Anlagen in Österreich*. Proceedings from OPET-Seminar, 1999. *Erdgekoppelte Wärmepumpen zum Heizen und Klimatisieren von Gebäuden*. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 18-19 Mai 1999.

Juvonen, J. (2009). *Lämpökaivo: Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa*. [Online] <http://www.ymparisto.fi/> (hämtat 12.03.2011). ISBN 978-952-11-3531-6 (PDF)

Kjellsson, E. (2004) Solvärme i bostäder med analys av kombinationen solfångare och bergvärmepump ISBN 91-88722-32-5 [Online] <http://www.avhandlingar.se/avhandling/59b9ef45f0> (hämtat 13.05.2011)

Motiva (2009). *Energicertifikat*. [Online] <http://www.motiva.fi/> (hämtat 02.03.2011).

Nibe (u.å.) *Produkter/Bergvarmepumpar/Sortimentslista/NIBE-F1330/* [Online] <http://www.nibe.se/> (hämtat 13.03.2011).

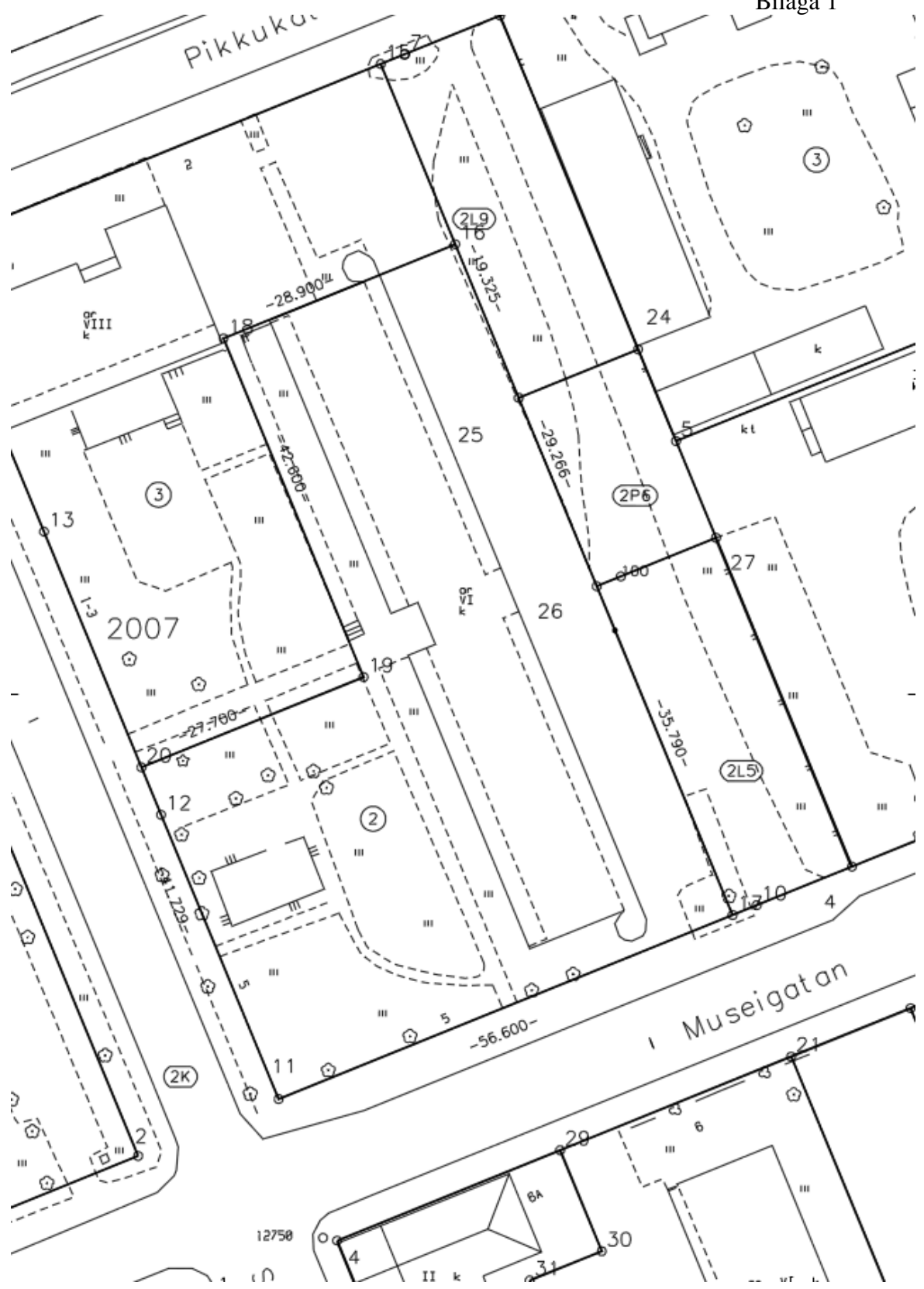
Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. (2009). *Lämpöpumppujärjestelmän suunnittelu*. [Online] <http://www.sulpu.fi/> (hämtat 30.01.2011).

Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. (u.å.). *Maalämpöpumppu*. [Online] <http://www.sulpu.fi/> (hämtat 27.01.2011).

Svenska Värmepump Föreningen (u.å.). *Fakta om Värmepumpar & anläggningar*. [Online] <http://www.svepinfo.se/> (hämtat 28.01.2011).

Thermia värme, (uå.) *Allt om värmepumpar/Så fungerar värmepumpen*, [Online] <http://www.thermia.se/varmepump/sa-har-fungerar-en-varmepump.asp> (hämtat 17.03.2011)

Vasa stad Tekniska sektorn / Fastighets- och grönssektorn (08.03.2011). *Stomkarta över Skolhusgatan 3 – 5*.











# ENERGICERTIFIKAT

## Byggnad

Typ av byggnad: Flervåningsbostadshus (fler än 6 bostäder) Byggnadsår: 1970  
 Adress: As Oy Antellinpuisto Byggnadsbeteckning: 905-002-2007-0002-0  
 Skolhusgatan 3-5

Energicertifikatet har utfärdats som en del av ett disponentintyg.

Energicertifikatet grundar sig på uppgifter om den faktiska energiförbrukningen under året: 2009

EP-värde	Låg förbrukning	EP-klass
- 100		
101 - 120		
121 - 140		
141 - 180		
181 - 230		
231 - 280		
281 -		
<i>Hög förbrukning</i>		

Byggnadens energiprestandavärde (EP-värde, kWh/bm<sup>2</sup>/år):

**174**

Skala för klassificering av energiprestanda: Stora bostadshus

## BYGGNADENS ENERGIFÖRBRUKNING

### Beräkning av enregiprestandavärde

Förbrukning av uppvärmningsenergi	811 601 kWh/år
Förbrukning av fastighetsel	45 200 kWh/år
Förbrukning av kylenergi	0 kWh/år
<b>Totalt</b>	<b>856 801 kWh/år</b>
Byggnadens bruttoarea	4 938 brm <sup>2</sup>
<b>Byggnadens energiprestandavärde</b>	<b>174 kWh/brm<sup>2</sup>/år</b>

### Den faktiska förbrukningen av energi och vatten

Förbrukningsslag	Förbrukning	Enhet	År
<b>Uppvärmningsenergi</b>			
Fjärrvärme	723 000	kWh	2009
<b>Fastighetsel</b>			
Uppmätt fastighetsel	45 200	kWh	2009
<b>Kylenergi</b>			
Fjärrkylning	0	kWh	
Elförbrukning för kylning	0	kWh	
<b>Vattenförbrukning</b>			
Total vattenförbrukning	4 900	m <sup>3</sup>	2009
Förbrukning av varmt bruksvatten		m <sup>3</sup>	

### Omvandling av faktisk förbrukning för beräkning av energiprestandavärde

Jämförelseort:	Vasa
Graddagstalet på jämförelseorten under ett normalår:	4588
Årets 2009 graddagstal på jämförelseorten:	4326
Lokala korrigeringskoefficienten för Jväs kylä k2:	1.08 (Vasa)
Verkningsgraden för värmeproduktionssystemet:	1
Energiförbrukning av varmt bruksvatten: 0,4 m <sup>3</sup> * 4900 m <sup>3</sup> * 58 kWh/år = 113680 kWh/år	
Värmeenergi förbrukning:	
1,08 * (4588/4326) * ([723000 kWh + 0 kW] - 113680 kWh) + 113680 kWh = 811601 kWh/år	

### Byggnadens inomhusklimat samt ventilations- och uppvärmningssystem

Självdragsventilation	<input type="checkbox"/>	Uteluftsventiler	<input type="checkbox"/>
Mekanisk frånluftventilation	<input checked="" type="checkbox"/>	Filtrering av tilluften	<input type="checkbox"/>
Mekanisk tilluft- och frånluftventilation	<input type="checkbox"/>	Värmeåtervinning	<input type="checkbox"/>
Värmedistributionssätt: Vattenburen radiatorvärme		Kylning	<input type="checkbox"/>
Ventilationens luftflöden har uppmätts och konstaterats vara tillräckliga år			<input type="checkbox"/>
Ventilationssystemet har rengjorts och balanserats år			<input type="checkbox"/>
Kylanordningarnas skick och energiprestanda har balanserats år			<input type="checkbox"/>
Uppvärmningssystemet har balanserats år			<input type="checkbox"/>

## Bilaga 3

### Offert 1

IVT Greenline HE D43 5 st IVT Greenline HE D43 värmepump	64 270,0 €
Arbetstank 500 liter utan slinga	795,0 €
Beredare 750 liter 4 st beredare med fyra slingor	13 400,0 €
Borring av energibrunn Borrhål 17 x 200 meter Tillkommer +46 €/m rördrivning	67 320,0 €
Kollektor i energibrunnen Värmekälla och installering i energibrunnen	31 280,0 €
Kollektor in till fastigheten Rör och vätska mellan energibrunn och värmecentral	6 440,0 €
Monteringstillbehör	20 000,0 €
Montering	21 000,0 €
Grävarbeten	4 300,0 €
Elpanna 26 kW 2 st elpannor	3 914,0 €
<b>Offereras totalt</b> Inklusive 23 % moms	<b>232 719,0 €</b>

## Offert 2

Nibe 1330	
4 st Nibe 1330 60 kW värmepump	
Elpanna 70 kW	
1 st elpannor	
Beredare VPA	
3 st VPA 450/300	
Ouhman värmeautomatik	
Cirkulationspump	
Monteringstillbehör	
Montering	Totalt: 98 257,0 €
Energibrunn	134 400,0 €
Borrhål 24 x 200 meter	
<b>Offereras totalt</b>	<b>232 657,0 €</b>
Inklusive 23 % moms	



