

# CHALMERS



## Jämförelse av livscykelkostnad för värmeproduktionssystem i flerbostadshusområde

Life Cycle Cost comparison of heat production systems in residential  
quarters

Examensarbete inom Högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör, 11 poäng

Johan Bergström  
Lars-Magnus Johansson

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för byggteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2006

Examensarbete 2005:59

## Sammandrag

Uppvärmning av hus sker idag till mycket stor del genom användning av fossila bränslen, fjärrvärme och elektricitet. Kostnaderna för energi stiger och tillsammans med miljöpåverkan skapas incitament till alternativa lösningar. JM AB har för avsikt att utvärdera och pröva nya värmeproduktionssystem. Detta examensarbete utreder uppvärmningen för ett bostadsområde som projekteras i Fiskebäck i västra Göteborg.

Syftet med detta examensarbete är att hitta det mest kostnadseffektiva värmeproduktionssystemet för flerbostadshusområden. Detta skall ske genom att livscykelkostnaderna (LCC – Life Cycle Cost) beräknas för ett urval av de uppvärmningssystem som kan vara aktuella i ett flerbostadshusområde. Målet med arbetet är att kunna redovisa vad olika system får för ekonomiskt utfall över dess livstid. Rapporten kan bli ett beslutsunderlag för byggherrar och andra beslutsfattare.

Det huvudsakliga arbetet genomfördes genom att utföra ett antal livscykelkostnadsberäkningar (LCC) på olika system. I beräkningarna har bland annat investerings-, energi- och underhållskostnader inkluderats. Indata till dessa beräkningar har grundats på den information som tillhandahållits av ett antal leverantörer, från statistik samt från aktuell litteratur i ämnet.

För fjärrvärme står energipriset för största delen av livscykelkostnaden. I energipriset inkluderas även drift och underhåll av anläggningen. Alternativet bergvärme med frånluftvärmewäxling har en hög installationskostnad men den lägsta kostnaden per kWh av de jämförda systemen. Trots det så är bergvärme i detta område inte det mest lönsamma värmesystemet. Beräkningar har gjorts för att utreda huruvida enbart bergvärme kan försörja byggnaderna med värme, men utfallet visar att tomten är för liten för att klara behovet.

Det alternativ som ger den lägsta livscykelkostnaden, totalt sett, är närvärmecentralen med pelletspanna och kulvertsystem, som både har en relativt låg investeringskostnad samt låg drifts- och underhållskostnad. Orsaken till att systemet med lokala pelletspannor som inte kräver ett kostnadskrävande kulvertsystem hamnar på en högre total kostnad än den centrala pannan är de högre driftskostnaderna, bland annat i form av fler arbetstimmar för underhåll.

En ytterligare fördel med att installera ett centralt pelletssystem, är att vid en eventuell framtida dragning av fjärrvärme till området kan kulvertsystemet anslutas utan större ingrepp. Utredningar bör göras för olika typer av bränslen passande pelletspanna, då marknaden har ett brett utbud och låga kostnader på alternativa bränslen, exempelvis flis och spannmål.

Resultaten från beräkningarna visar att livscykelkostnadsberäkningar ger en bättre beslutsgrund än att bara se till investeringskostnaderna.

## Abstract

Fuels like oil, gas and coal and electricity power are in common use for heating purposes in residential quarters. The costs are rising and together with environmental pollutions this is the reason for JM AB to find alternatives. This thesis is going to analyse different systems for heat production in a project with residential quarters located in Gothenburg. The systems that will be analysed are ground heating, bio fuel heating and district heating. Therefore, the purpose with this thesis is to calculate the life cycle cost (LCC) of these systems. The calculations include investment cost, energy cost and maintenance cost. All these costs are delivered by contractors.

The calculations show that the energy cost is the major part of the LCC for district heating. Ground heating has a large investment cost but the smallest cost per kWh. Calculations have been done to analyse the necessity of property area to provide the buildings with heat from a ground heating system. The result of this calculation is that the property is too small. The local bio fuel district heating system with wooden pellets is less expensive to build and to operate. The local bio fuel heating system is more expensive to operate because of the need of a larger amount of man-hours. There is a need of more analyses to investigate how to use cheaper fuels like grain and other fuels made of wood.

The results in this thesis show that the life cycle cost, instead of the investment cost, is a better way to find the most efficient system.

1	Inledning .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte .....	1
1.3	Avgränsning .....	1
1.4	Metod .....	1
2	Utvärderingsgrunder för LCC – livscykelkostnad .....	2
2.1	Grundinvestering .....	2
2.2	Livscykelenergikostnad .....	2
2.3	Livscykelunderhållskostnad .....	3
2.4	Reinvestering .....	3
2.5	Ekonomiska begrepp .....	3
3	Värmeproduktionsanläggningar .....	5
3.1	Biobränsleanläggning .....	5
3.2	Bergvärmeanläggning .....	7
3.3	Fjärrvärme och närvärme .....	9
4	Beräkningsförutsättningar för flerbostadshusområde .....	11
4.1	Områdesbeskrivning .....	11
4.2	Energipriser och prognoser för framtiden .....	12
4.3	Val av värmeproduktionssystem .....	14
4.4	Effekt- och energibehov .....	14
4.5	Effekt- och energiförluster .....	15
4.6	Installerade effekter .....	16
4.6.1	Lokala anläggningar .....	16
4.6.2	Centrala anläggningar .....	16
5	Livscykelkostnad (LCC) - Indata och resultat .....	17
5.1	Indata .....	17
5.2	Resultat - livscykelkostnad .....	20
5.2.1	Fjärrvärme .....	20
5.2.2	Pellets - central anläggning respektive lokala anläggningar .....	20
5.2.3	Bergvärme .....	21
5.3	Livscykelkostnad vid längre kalkylperiod .....	21
5.4	Jämförelse av energikostnad .....	23
6	Diskussion .....	23
6.1	Slutkommentarer .....	25
7	Slutsatser .....	26
	Källförteckning .....	27
	Bilagor .....	29

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Uppvärmning av hus sker till mycket stor del genom användning av fossila bränslen, fjärrvärme och elektricitet. Kostnaderna för energi stiger och tillsammans med miljöpåverkan skapas incitament till alternativa lösningar. JM AB har för avsikt att utvärdera och pröva nya värmeproduktionssystem. Olika system har varierande förutsättningar att fungera i en byggnad, beroende på husets geografiska placering, väderstreck och närhet till hav, sjö och typ av mark. Bergvärme är ett exempel på ett system som har installerats tidigare i ett av JM:s bostadsområden. Fjärrvärme används där det är lämpligt men kräver att objektet ligger inom fjärrvärmens geografiska täckningsområde.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att hitta det mest kostnadseffektiva värmeproduktionssystemet för flerbostadshusområden. Detta skall ske genom att livscykelkostnaderna (LCC – Life Cycle Cost) beräknas för ett urval av de uppvärmningssystem som kan vara aktuella i ett flerbostadshusområde. Målet med arbetet är att kunna redovisa vad olika system får för ekonomiskt utfall över dess livstid. Rapporten kan bli ett beslutsunderlag för byggherrar och andra beslutsfattare.

## 1.3 Avgränsning

Examensarbetet avgränsas till att behandla biobränsle i form av pellets, bergvärme och fjärrvärme och jämförelsen görs enbart ur ekonomiskt perspektiv. All värmedistribution skall ske via vattenburna system. Värmeproduktionssystemet begränsas till de delar som krävs för att producera värme och varmvatten till huset/husen. Husets distributionssystem ingår inte. Däremot ingår ledningsnät och de värmeväxlare eller ackumulatortankar som krävs för överföring av värmeenergin från produktionsanläggningen till distributionssystemet.

## 1.4 Metod

Det huvudsakliga arbetet skall genomföras genom att utföra ett antal livscykelkostnadsberäkningar (LCC) på olika system. Dessa beräkningar skall ge underlag till en jämförande utvärdering av värmeproduktionssystemen. I beräkningarna kommer bland annat investerings-, energi- och underhållskostnader att inkluderas. Dessutom skall olika prognosscenarier användas för att skapa en känslighetsanalys. Indata till dessa beräkningar grundas på den information som tillhandahålls av ett antal leverantörer, från statistik samt från aktuell litteratur i ämnet.

## 2 Utvärderingsgrunder för LCC – livscykelkostnad

Vid beräkning av livscykelkostnad, LCC, bestäms ett systems kostnad över dess livslängd eller brukstid. Alla kostnader räknas om till nuvärde och summeras. Summan kan jämföras för likvärdiga utrustningar och kan på så sätt ge en god uppfattning om vilken anläggning som får den lägsta totalkostnaden.

Den totala livscykelkostnaden  $LCC_{tot}$  kan bestämmas enligt följande samband:

$$LCC_{tot} = I + LCC_{Energi} + LCC_{Underhåll} + LCC_{Miljö} - \text{Restvärdet}$$

där

I :	grundinvesteringen
$LCC_{Energi}$ :	den totala energikostnaden för hela livscykeln
$LCC_{Underhåll}$ :	den totala underhållskostnaden för hela livscykeln
$LCC_{Miljö}$ :	den totala kostnaden för miljöbelastningar under hela livscykeln
Restvärdet:	restvärdet för anläggningen då livslängden nått till ända

Nedan redovisas hur grundinvesteringen (I) fördelas och hur livscykelenergi-kostnaden ( $LCC_{Energi}$ ) och livscykelunderhållskostnaden ( $LCC_{Underhåll}$ ) beräknas. Det finns ingen generell och färdigutvecklad metod för hur livscykelkostnaden för miljöbelastningen ( $LCC_{Miljö}$ ) skall vägas in i den totala livscykelkostnaden. Utveckling pågår med utgångspunkt från en livscykelanalys (LCA – Life Cycle Assessment). Då det inte finns någon standard för LCC-beräkningar får dessa anpassas till varje enskilt projekt. (Sveriges Verkstadsindustrier, 2001)

I denna jämförelse utesluts kostnaderna för miljöbelastningen då den skulle ge upphov till en alltför omfattande utredning. Restvärdet efter brukstiden förutsätts vara lågt och därför utesluts även den termen. Då det bedöms att en reinvestering krävs för att upprätthålla funktionen under hela brukstiden eller beräkningsperioden, kan denna läggas till vid beräkning av  $LCC_{tot}$ .

I beräkningarna i denna rapport används därför följande samband för att beräkna  $LCC_{tot}$ :

$$LCC_{tot} = I + LCC_{Energi} + LCC_{Underhåll} + \text{Reinvest}$$

### 2.1 Grundinvestering

I grundinvesteringen (I) återfinns alla kostnader för att få en komplett anläggning, som kostnader för utrustning, installation, eventuella schaktarbeten, driftsättning och intrimning.

### 2.2 Livscykelenergi-kostnad

Livscykelenergi-kostnaden påverkas förutom av den årliga energiförbrukningen och energipriset även av kalkylräntan och den förväntade energiprisökningen. För beräkning används följande samband:

$$LCC_{Energi} = fs(rk-epö,n) \cdot \text{energipris} \cdot \text{årlig energianvändning}$$

där

$f_s$  (rk-epö,n): Nusumme-faktorn korrigerad med hänsyn till energiprisökningen  
rk: Kalkylränta, %  
epö: Energiprisökning, % per år  
n: Brukstid (kalkylperiod), år

### 2.3 Livscykelunderhållskostnad

Livscykelunderhållskostnaden påverkas förutom av den årliga underhållskostnaden även av kalkylräntan. För beräkning används följande samband:

$LCC_{\text{Underhåll}} = f_s(r_k, n) \cdot \text{årlig underhållskostnad för utrustningen}$   
där

$f_s$  (rk,n): Nusumme-faktorn  
rk: Kalkylränta, %  
n: Brukstid (kalkylperiod), år

### 2.4 Reinvestering

Reinvesteringens storlek varierar beroende på vilken utrustning som kostnadsberäknas. Uppgifter om kostnaden och tidpunkten för reinvesteringen hämtas från leverantörerna. Beloppet räknas om med nuvärdemetoden från tidpunkten för reinvesteringen enligt följande samband:

$\text{Reinvest} = I_{re} \cdot f_n(r_k, n)$

där

$I_{re}$ : Investeringskostnaden vid tiden för reinvesteringen  
 $f_n$  (rk,n): Nuvärdefaktorn  
rk: Kalkylränta, %  
n: Brukstid (kalkylperiod), år

### 2.5 Ekonomiska begrepp

Vid beräkningar av LCC används ett flertal termer och begrepp. I detta avsnitt skall de ovan nämnda begreppen förklaras.

#### Nuvärdemetoden

Vid LCC-beräkningar används nuvärdemetoden. Den visar vilket värde en framtida kostnad eller flera lika stora framtida kostnader har vid investeringstidpunkten.

Vid bestämning av en framtida kostnads nuvärde används nuvärdefaktorn. Vid bestämning av årliga lika stora kostnaders sammanlagda nuvärde används nusumme-faktorn. Båda dessa faktorer beror av kalkylräntan. (Sveriges Verkstadsindustrier, 2001 och Skärvad, Olsson, 2003)

Nuvärdefaktorn beräknas enligt följande samband (Skärvad, Olsson, 2003):

$\text{Nuvärdefaktorn} = 1 / (1 + (r_k))^n$

där

$r_k$ : Kalkylränta, %  
n: Antal perioder (år)

Nuvärdet N blir då

$$N = \text{Nuvärdefaktorn} \cdot (\text{framtida kostnad})$$

Nusummefaktorn beräknas enligt följande förenklade samband (Sveriges Verkstadsindustrier, 2001):

$$\text{Nusummefaktorn} = (1 - (1 + r_k)^{-n}) / r_k$$

där

$r_k$ : Kalkylränta, %

$n$ : Antal perioder (år)

Nusumman  $N_s$  blir då

$$N_s = \text{Nusummefaktorn} \cdot (\text{framtida kostnad})$$

### **Kalkylränta**

Kalkylräntan är ett uttryck för det krav på förräntning som företaget förväntar sig av investeringen. Kalkylräntan är en inre angelägenhet för företaget och nivån varierar därefter. Vid LCC-beräkningar kan den framtida energiprisökningen få en stor inverkan på den beräknade livscykelkostnaden. Genom att korrigera kalkylräntan kan hänsyn tas till de framtida energiprisökningarna. (Sveriges Verkstadsindustrier, 2001 och Skärvad, Olsson, 2003)

I beräkningarna används en kalkylränta på 6 % efter samråd med JM AB.

### **Brukstid**

Vid LCC-beräkningar måste brukstiden bestämmas. Brukstiden är den tid som anläggningen kan användas innan en ny investering krävs. Vid jämförelse av flera anläggningar kan reinvesteringar göras för att få jämförbara brukstider. (Sveriges Verkstadsindustrier, 2001 och Skärvad, Olsson, 2003)

### **Kalkylperiod**

I beräkningarna används en kalkylperiod om 20 år vilket innebär att reinvesteringar krävs i vissa system för att få jämförbara värden. Kalkylperioden har valts utifrån rekommendationer i Sveriges Verkstadsindustriers beräkningshandledning för  $LCC_{\text{Energi}}$ .



## 3 Värmeproduktionsanläggningar

### 3.1 Biobränsleanläggning

En förbränningsanläggning består i princip av en panna, brännare, inmatningssystem för bränsle och ett förråd, se figur 1. Brännaren utformas vanligtvis enligt principerna under-, över- eller horisontalinmatning av bränslet (Axelsson, André, 2000). I figur 2 visas förbränning i en horisontal matad brännare.

Vid förbränning av biobränslen skapas en glödbädd där förgasning sker. Det finns ett flertal olika förbränningsprinciper. Förutom brännare enligt förra stycket används bland annat fluid-bäddpannor och stokerpannor med rörligt roster. Sättet varierar men luft tillförs de heta rökgaserna för att en så fullständig förbränning som möjligt skall ske (Axelsson, André, 2000).

Stokertekniken innebär att den huvudsakliga förbränningen sker i en stoker, som är en horisontal matad keramisk förgugn som ansluts till en panna. Keramiken ger en hög förbrännings-temperatur vilket ger minskade emissioner och möjlighet att förbränna bränsle med högre vattenhalt. Denna teknik ställer mindre krav på bränslets jämnhet i storlek och form och flera olika bränslen kan användas, förutom pellets även spannmål, flis, torv, spån och övriga skruvbara bränslen (LRF, 2005).



**Figur 2. Horisontal matad brännare (Ecotec, 2005)**

För större anläggningar (> 50 kW) bör förbränningsutrustningen vara försedd med ett rörligt roster för att motverka sintring av askan. Sintring innebär att askan bränns samman till en hård kaka som kan vara svår att få bort (ÄFAB, 2005).

Gemensamt för biobränsleanläggningar är behovet av ett stort bränsleförråd. I ett automatiserat system matas bränslet från förrådet via en skruv eller ett vakuumsystem. Storleken på förrådet bestäms av ett flertal parametrar, bland annat beräknad årsförbrukning, påfyllningsintervall och tillgång på lämpligt utrymme. Dessutom behövs en anordning för att omhänderta askan.

Vid all förbränning bildas avgaser som måste ledas bort. Detta sker via en skorsten. För att få en god funktion på en skorsten krävs ett undertryck som evakuerar rökgaserna. Detta uppstår genom att varm luft stiger i ett vertikalt schakt. En skorsten skall vara minst 6 meter hög för att tillräckligt undertryck skall uppstå. En skorsten skall tåla höga rökgastemperaturer, men onödigt hög rökgastemperatur innebär låg pannverkningsgrad (Bokalders, Sternberg m.fl., 1995). I de traditionellt murade skorstenarna har det framförallt varit kondenserad vattenånga som orsakar olika typer av problem. Skorstenar i stål kan utsättas för korrosion. Om rökgastemperaturen kan hållas tillräckligt hög sker ingen kondensering och korrosionsrisken minskar (LRF Skaraborg, 2004).

## **Biobränsle**

Biobränsle kallas även för förnyelsebara bränslen. Några exempel på förnyelsebara bränslen är ved, pellets, flis, spannmål och halm som alla är biobränslen som växer i skogar eller på åkrar. (Bokalders, Sternberg m.fl.1995).

Pellets är en förädlad form av skogsråvara, där tillverkaren tar vara på spån och avfall från sågverksindustrin och pressar till 6-12 mm tjocka och 10-30 mm långa cylindrar, se figur 3.

Ligninet i råvaran fungerar som klister vilket innebär att det inte behövs några tillsatser (STEM, 2005). Energiinnehållet i ca 3 m<sup>3</sup> pellets motsvarar 1 m<sup>3</sup> olja, det vill säga ca 10000 kWh. Pellets har oftast hög och jämn kvalitet och måste förvaras torrt och hanteras varsamt, annars kan den falla sönder. Flis, spån och annat träavfall används mest för storskalig energiproduktion där man kan hantera skiftande bränslekvaliteter, stora volymer och använda effektiv rökgasrening. I speciella anläggningar används flis som råvara för framställning av biogas och bioalkoholer (Axelsson, Andrén, 2000). Spannmål, främst havre, har genom sitt låga pris blivit vanligare att använda till bränsle, ofta i odlingsbygder där avståndet mellan producent och konsument är litet (LRF, 2005).



**Figur 3. Pellets (SP, 2005)**

## **Miljöpåverkan**

Bioenergi är koldioxidneutral vilket innebär att den koldioxid som frigörs vid förbränningen motsvarar den koldioxid som biomassan via fotosyntesen har tagit ur atmosfären och omvandlat till bundet kol och syre. Vid odling, hantering och transporter används fossila bränslen och vid förbränningen sker utsläpp av tjära, kolväten, svavel- och kväveoxider (Axelsson, Andrén, 2000). Genom att ersätta fossilbränsle med bioenergi uppnås stora utsläppsminskningar av koldioxid. Vid förbränning av pellets är emissionerna mindre eller i nivå med en oljebrännare (STEM, 2005).

Vid förbränning av biobränslen uppstår avfall i form av aska. Pellets innehåller ca 0,5 - 1 % aska. Askan är inte miljöfarlig utan kan användas som jordförbättringsmedel eller återföras till skogen där den gynnar tillväxten av ny skogsråvara. Askan är basisk vilket innebär att den kan motverka försurningen i skog och mark (Bokalders, Sternberg m.fl. 1995). Spannmål har ett relativt högt innehåll av aska och försurande ämnen, som till exempel svavel, vilket måste tas hänsyn till då spannmål används i energiproduktion (LRF, 2005).

För anläggningar över 10 MW krävs att det upprättas en miljökonsekvensbeskrivning. Mindre anläggningar med effekt mellan 0,5 och 10 MW kräver anmälningsplikt enligt Miljöbalken. Detta innebär ett förenklat prövningsförfarande jämfört med de större anläggningarna. För en anläggning med effekt under 0,5 MW finns ingen prövningsplikt. Här gäller istället BBR (Boverkets Byggregler). Bygglov krävs för anläggningar inom intervallet 0,3 till 0,5 MW. (Gulliksson m.fl., 2005)

På anläggningar med effekt från 0,5 MW krävs rökgasrening för att klara emissionskraven enligt Naturvårdsverkets Allmänna råd 87:2. Beroende på effekt och bränsle kan olika reningsanläggningar användas, bland annat textilfilter, elektrofilter, cyklon och kondensor/skrubber. (Gulliksson m.fl., 2005)

För att kunna placera en biobränsleanläggning inom ett bostadsområde skall hela anläggningen klara villkoren i Naturvårdsverkets Råd och riktlinjer med viss marginal. Där är villkoret nattetid för den ekvivalenta ljudnivån 40 dB(A) och den maximala ljudnivån 55 dB(A) (Gulliksson m.fl., 2005). Dessa nivåer kan jämföras med normalt tal som ligger mellan 40 till 60 dB(A) (NE, 2000). Om anläggningen skall utökas i framtiden bör kraven ställas lägre från början för att sammantaget klara bullernivåerna då anläggningen är färdigutbyggd (Gulliksson m.fl., 2005).

### 3.2 Bergvärmeanläggning

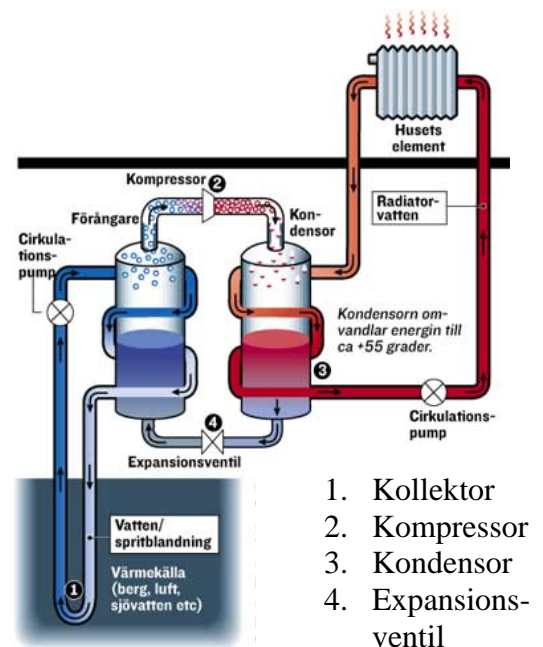
En bergvärmeanläggning tar sin värme från grundvatten via en kollektor i ett eller flera borrhål, så kallade energibrunnar. Djupet varierar ner till ca 200 meter. Värmen leds därefter till en värmepump där temperaturen ökas till användbar temperatur.

Vid dimensionering av en bergvärmeanläggning väljs normalt en effekttäckningsgrad på ca 50 till 60 %. Det innebär att värmepumpens effekt är tillräcklig vid ca 90 % av brukstiden. Resterande effekt tillförs med hjälp av en annan energikälla, ofta el. Vid överdimensionering förkortas pumpens livslängd genom onödigt många start och stopp och investeringskostnaden blir hög. En värmepumps verkningsgrad är bäst då anläggningen går för fullt. (Axelsson, André, 2000)

#### Värmepump

En värmepump fungerar efter samma princip som ett kylskåp och kan utnyttja den lagrade värmeenergin som finns i mark, berg, vatten eller luft. Teorin bakom värmepumpar bygger på att alla vätskor, gaser och fasta ämnen som har en temperatur över  $-273^{\circ}\text{C}$  (absoluta nollpunkten) innehåller värmeenergi, men värmen i temperaturer under  $-10^{\circ}\text{C}$  är så liten att det inte är lönsamt att använda den. (Konsumentverket, 1998).

I figur 4 visas värmepumpsprincipen. Värmepumpen består av en kompressor som ökar trycket, en förångare, en kondensor och en expansionsventil. Förångaren är ansluten till en kollektor som upptar värme. I förångaren övergår köldmediet från vätska till gas under konstant tryck och temperatur. Gasen sugas in i kompressorn där trycket ökas och därmed höjs också temperaturen. Den varma gasen förs därefter in i kondensorn, där gasen kondenseras till flytande form och värmen överförs från kondensorn till vattnet i byggnadens distributionssystem. Vätskan transporteras därefter tillbaka till förångaren via strypventilen, där trycket sänks. Värmepumpens effektivitet kallas värmefaktor (COP), vilken anger hur mycket effekt som fås ut ur systemet med en viss tillsatt energi. För varje kW som används för att driva en värmepump återfås 3 till 3,5 kW i form av värmeenergi. (Konsumentverket, 1998)



Figur 4. Värmepumpsprincipen (GT, 2005)

### **Miljöpåverkan**

Om köldbärarvätskan läcker ut ur kollektorn finns risk för föroreningar i grund- och ytvatten. Köldbärarvätskan är en blandning av vatten och frostskyddsvätska som klarar -10°C utan att frysa. Som frostskyddsvätska används bland annat organiska ämnen som teknisk sprit (etanol) och glykol (propylenglykol) samt oorganiska ämnen som saltlösningar (kalciumklorid) och pottaska (kalciumkarbonat). Dessa vätskor är vattenlösliga med låg giftighet (Brådenmark, 2006).

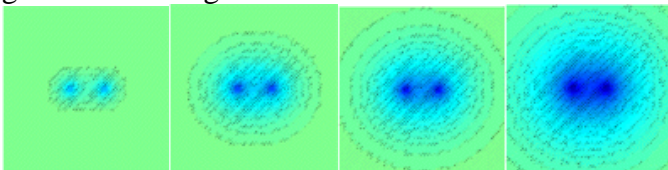
Skyddsavstånd mellan brunn och vattentäkter skall beaktas för att kunna vidta åtgärder vid läckage. Avståndet bör vara mellan 20 och 30 meter beroende på markens vattenförande förmåga. Inom skyddsområden för vattentäkter godtas inte vattenlösliga och toxiska köldbärare i mark. För att undvika miljöskador har propan och butan börjat användas som köldmedium i värmepumpar istället för CFC-medier (freon) eftersom klorerade och ozonförstörande ämnen inte får användas vid nyinstallation (Brådenmark, 2006).

Miljöbalkens produktvalsprincip, som innebär att kemiska produkter som kan innebära risker för människors hälsa och miljö skall undvikas om de kan ersättas med mindre farliga produkter, skall tillämpas vid anläggande av ett bergvärmesystem

Buller från en värmepump får uppgå till maximalt 30 dB(A) inomhus (enligt SoS 1996:7) i flerbostadshus eller undervisningslokal och 40 dB(A) utomhus (enligt Nv RR 1978:5). Dessa nivåer kan jämföras med normalt tal som ligger mellan 40 till 60 dB(A) (NE, 2000).

### **Avstånd mellan energibrunnar**

Vid anläggning av flera energibrunnar inom ett begränsat område måste hänsyn tas till att det inbördes avståndet mellan brunnarna inte blir för litet. Värmeuttaget från en energibrunn medför att temperaturen sänks i berget kring borrhålet. Om två energibrunnar placeras så nära varandra att de påverkar varandra termiskt, så kommer temperaturen på köldbäraren till värmepumpen att bli lägre än om avståndet mellan dem är stort. Värmepumpen får då en lägre värmefaktor och förbrukar därmed mer energi med högre driftskostnad till följd. I så fall måste borrhålsdjupet öka, för att samma lägsta temperatur på köldbäraren ska erhållas som om de två brunnarna varit helt opåverkade av varandra. I figur 5 framgår hur temperaturen sjunker runt två borrhål efter 1, 5, 10 och 25 år. Ostörd bergtemperatur visas med den ljusa färgen medan den mörka motsvarar ca tre graders sänkning.

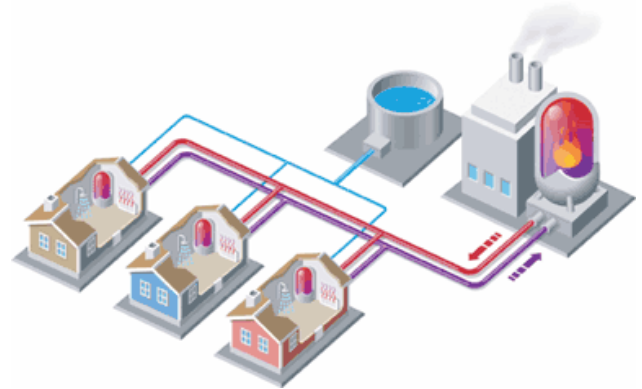


**Figur 5. Bergtemperaturen genom ett horisontalplan genom två energibrunnar med 20 meters avstånd. Den mörka färgen visar temperatursänkningens utbredning efter 1, 5, 10 och 25 år. Den mörkaste färgen motsvarar ca tre graders sänkning.**

Genom att ha ett relativt stort inbördes avstånd mellan brunnarna kan djupet begränsas och därmed kostnaderna för borrning av energibrunnarna. (SVEP, 2006)

### 3.3 Fjärrvärme och närvärme

Fjärrvärme är ett samlingsnamn för en central värmeproduktionsanläggning med ett kulvert-nätverk, se figur 6. Nätverket, kallat fjärrvärmenät, distribuerar hetvatten till de anslutna fastigheterna. Fjärrvärme för ett mindre antal fastigheter betecknas som närvärme.



Figur 6. Fjärrvärmenät (Göteborg energi, 2006)

I ett anslutet hus finns två värmeväxlare, en för tappvarmvatten och en för värmedistributionen. Temperaturen på hetvattnet när det går ut i fjärrvärmenätet varierar normalt mellan 70 och 80°C. Vid kall väderlek höjs temperaturen på vattnet och mycket kalla dagar kan den vara 100 till 120°C. Temperaturen på vattnet i ledningen tillbaka till anläggningen ligger 40 till 65°C lägre. (Svensk Fjärrvärme AB, 2006)

Fjärrvärme produceras i ett värmeverk där vattnet värms upp, antingen genom att ett bränsle förbränns i en baslastpanna, där man kan använda billigare bränslen med sämre kvalitet, eller genom att använda spillvärme från en industri eller ett avloppsnät. Värmepumpar är vanliga i produktionen av fjärrvärme. De kan användas för att höja temperaturen på industriellt spillvatten, men också för att kunna använda till exempel sjövattnet som värmekälla. En annan typ av spillvärme är värme från avfallsförbränningsanläggningar, där man eldar upp avfall som annars skulle ha lagts på soptippen. I många fjärrvärmeverk eldas rester från skogsavverkning, till exempel toppar, grenar, ris och bark eller med spån och virkesrester från sågverk och snickeri- och möbelfabriker. När värmebehovet ökar under kalla vinterdagar kopplas spetslastanläggningar in. I dessa används ofta eldningsolja. (Svensk Fjärrvärme AB, 2006)

I dag finns det fjärrvärme i ca 270 av Sveriges 290 kommuner. Fjärrvärmen levererar årligen cirka 50 TWh och svarar för cirka hälften av all uppvärmning av bostäder och lokaler i Sverige. För att kunna ansluta en fastighet till fjärrvärme krävs ett utbyggt distributionsnät. Utbyggnadstakten är hög och de lokala fjärrvärmeföretagen erbjuder allt fler kunder möjligheten att ansluta sin fastighet till fjärrvärmenätet. Priserna för fjärrvärme varierar mellan olika orter beroende på lokala förutsättningar och vilken investeringsnivå fastighetsägaren väljer (Svensk Fjärrvärme, 2006).

Till närvärme används ofta biobränslen som flis, pellets eller spannmål. Dessa kan ofta anskaffas lokalt och kan på så sätt ge ortsbor inflytande över den lokala energiförsörjningen. Det är vanligt att fastighetsägarna själva driver närvärmeanläggningen men det finns aktörer på marknaden som säljer så kallad "färdig värme". Det innebär att fastighetsägaren inte har något ansvar för vare sig investering, drift eller underhåll utan enbart betalar för den värmeenergi som förbrukas. (KanEnergi, STEM, 2006)

Antalet närvärmeanläggningar ökar runt om i landet. Dessa används till att värma till exempel skolor, daghem, äldreboenden, servicehus, kyrkor och församlingshem, men även grupper av småhus i bykärnor, se figur 7. I många fall kan en närvärmeanläggning ersätta ett flertal mindre pannor. Projektet "Farmarenergi", som är ett samarbete mellan LRF och Västra Götalandsregionen med flera, syftar till att hjälpa lantbrukare att satsa på närvärmeanläggningar för att leverera färdig värme till en eller flera kunder (Att sälja värme, KanEnergi, 2006).



**Figur 7. Närvärmecentral i Lidköpings kommun, (ÄFAB, 2006)**

### **Miljöpåverkan**

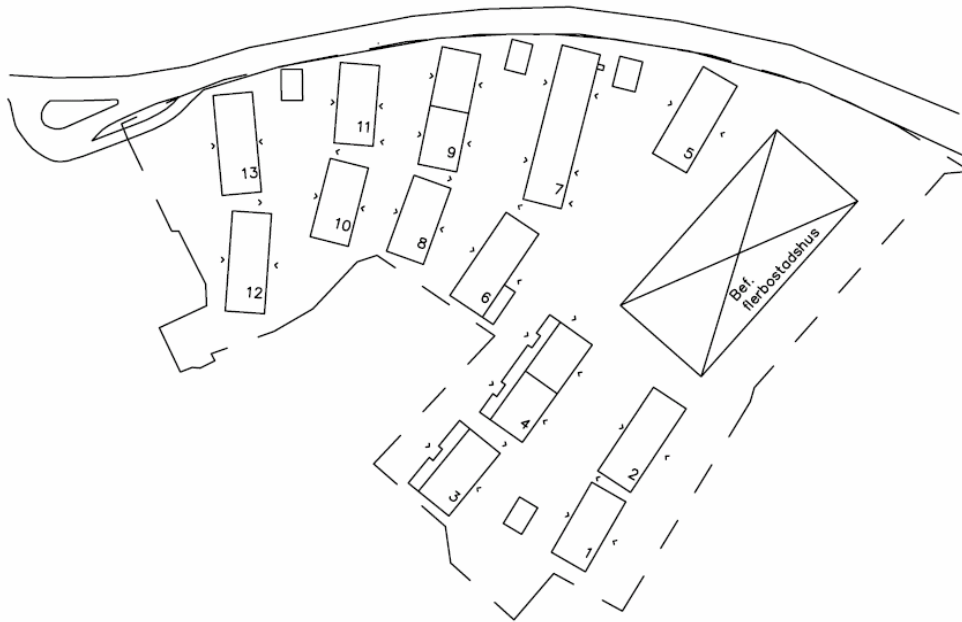
Av den totala fjärrvärmeproduktionen kommer nästan fyra femtedelar från värmeenergi som bara kan nyttjas till fjärrvärme. Från att i början av 1980-talet ha använt olja till 90 % för värmeproduktion i värmeverken sjönk oljeanvändningen till under 10 % år 1990. Kol och billig kärnkraftsel tog över och man började utnyttja avfallsvärme effektivare. Idag är trädbränsle det enskilt största bränslet för fjärrvärmeproduktion samtidigt som spillvärme, värmepumpar och värme från avfallsförbränning spelar en mycket stor roll. Andelen olja i fjärrvärmesystemen ligger idag på ungefär samma nivå som den gjorde 1990. Det är svårt att ersätta oljan helt eftersom den används för spetsproduktion, när det vid mycket kall väderlek hastigt uppstår behov av att öka värmeproduktionen (Svensk Fjärrvärme, 2006).

Beroende på vilka bränslen som används i fjärrvärmeproduktionen varierar koldioxidutsläppen. I jämförelsen mellan en oljepanna och fjärrvärme bidrar fjärrvärmen, enligt Svensk fjärrvärme AB (2006), bara med ca 10 % av den koldioxid som oljepannan släpper ut. Ett vanligt argument för fjärr- eller närvärme är att man minskar utsläppen totalt när man ersätter ett stort antal pannor med en. Detta är delvis riktigt, men om man har små pannor med mycket små utsläpp (framtidens pannor) kan det jämnas ut sig eftersom det då samtidigt behövs mindre energiproduktion då kulvertförlusterna försvinner (MBIO - energiteknik AB, Rapport 2000.03 5:1).

## 4 Beräkningsförutsättningar för flerbostadshusområde

Förutsättningarna för utvärderingen i detta examensarbete grundas på ett flerbostadshusområde som är i projekteringsstadiet. Detta område ligger i Fiskebäck, beläget i Göteborgs västra delar. Utvärderingen skall utgå från detta område men har generaliserats för att kunna användas på andra liknande områden. Det projekterade områdets hustyper och storlekar har använts till att bestämma effekt- och energibehov som i sin tur legat till grund för övriga beräkningar.

### 4.1 Områdesbeskrivning



Figur 8. Situationsplan över området (JM AB, 2006)

Området som ligger till grund för utvärderingen är ett flerbostadshusområde med 13 nybyggda huskroppar. Husen har tre våningar kompletterat med en takvåning. Bredden är 12 meter för samtliga hus medan längden varierar mellan 24 och 36 meter. Antalet lägenheter per hus varierar mellan 11 och 22 stycken. Av figur 8 framgår byggnadernas placering i området.

Förutom dessa nybyggda hus finns ett befintligt flerbostadshus med ca 100 lägenheter, som används som äldreboende, på området. Till detta hus skall skapas en ny försörjning av värme och varmvatten då den gamla värmeproduktionsanläggningen finns i ett hus som skall rivras för att bereda plats för nybyggnationen. I tabell 1 redovisas bruttoarea och lägenhetsantal för respektive hus.

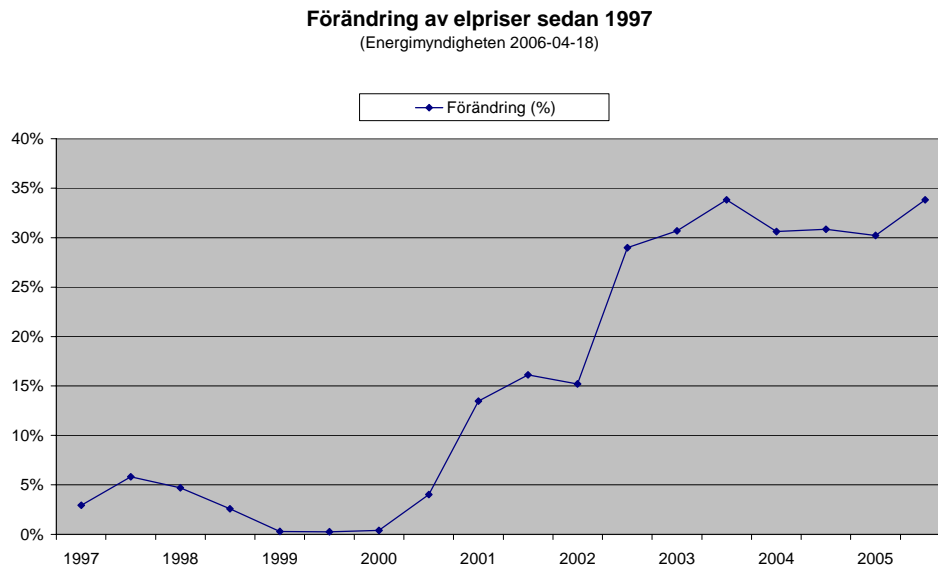
**Tabell 1. Bruttoarea och lägenhetsantal**

Byggnad	BTA	Antal lgh
1	1074	11
2	1332	15
3	1133	11
4	1591	14
5	1332	15
6	1332	15
7	2106	22
8	1073	11
9	1591	14
10	1073	11
11	1073	11
12	1332	15
13	1332	15
Befintlig byggnad	8180	100
Totalt	25554	280

Området ligger strandnära och ligger utanför dagens utbredning av stadens fjärrvärmenät. I jämförelsen med övriga värmeproduktionssystem har fjärrvärme inkluderats för att få en mer generell jämförelse.

## 4.2 Energipriser och prognoser för framtiden

För att kunna beräkna framtida kostnader har en analys utförts av elenergipriserna bakåt i tiden. Energimyndighetens statistik som redovisas i figur 9 visar hur elpriset till har varierat över åren.

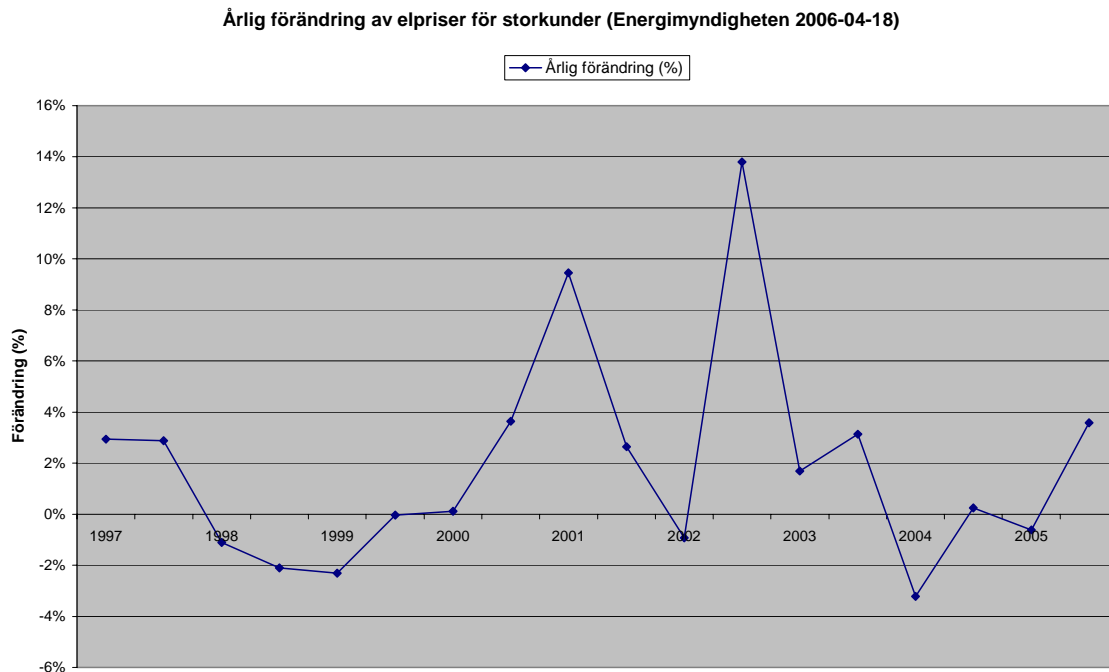


**Figur 9. Förändring av elpriser för hushåll sedan 1997 (Energimyndigheten, 2006-04-18)**



Efter en svag nergång har priset gått upp för att i början av 2006 ha stigit till knappt 35 % över prisnivån 1997. Med detta som bakgrund kan den genomsnittliga ökningen för tioårsperioden beräknas till ca 3,5 %. Under den senaste femårsperioden har dock priset ökat i genomsnitt med ca 5 % per år.

Om den årliga förändringen av elpriserna till hushållen studeras visar det sig att variationen mellan enskilda år är stor. Figur 10 redovisar denna variation. Den slutsats man kan dra av detta diagram är att priset gått upp de flesta år men att nivån är svår eller omöjlig att förutsäga. I de fortsatta beräkningarna kommer därför tre olika nivåer att användas. På så sätt erhålls en känslighetsanalys där läsaren själv kan avgöra vilken prisutveckling som är mest trolig.



**Figur 10. Årlig förändring av elpriser för storkunder (Energimyndigheten, 2006-04-18)**

I de fortsatta beräkningarna kommer ett noll- (0 %), ett medelalternativ (3,5 %) och ett alternativ med högre prisökning (8 %) att användas.

Energimyndigheten redovisar att hushållen har ett elenergipris på 113 öre/kWh inklusive skatter, avgifter och moms, i januari 2006. I beräkningarna anges alla kostnader exklusive moms, vilket innebär ett pris på 90 öre/kWh. För ett helt bostadsområde kan priset sänkas till ca 80 till 85 öre/kWh grundat på Fortums prisnivå för storkunder i maj 2006.

I denna rapport används för beräkningar ett totalt elpris på 83 öre/kWh exklusive moms. För fjärrvärmens används Göteborgs Energis pris på 49 öre/kWh och för pellets SÅBI:s pris för storkunder på ca 1500 kronor per ton. Priserna gäller för maj 2006. I bilaga 1 redovisas energipriserna.

### **4.3 Val av värmeproduktionssystem**

Som första utgångspunkt valdes två huvudtyper av värmeproduktionssystem, nämligen lokala system fördelat på varje byggnad för sig och ett centralt system som är gemensamt för hela området.

Beräkningar har gjorts för att utreda huruvida enbart bergvärme skulle kunna vara ett alternativ för uppvärmning av byggnaderna. Förutsättningarna är att borrhålen placeras ca 20 meter från varandra för att inte påverka varandra negativt genom alltför stor temperatursänkning i berggrunden. Avståndet medför att det krävs en cirkelarea om ca 300 m<sup>2</sup> per borrhål. Inom tomten finns ca 15000 m<sup>2</sup> som är möjliga att utnyttja för energi-brunnar. I alternativet med enbart bergvärme skulle det krävas ca 70 borrhål vilket innebär att tomtytan skulle behöva utökas med ca 6000 m<sup>2</sup>. Då inräknas möjligheten att luta borrhålen för att använda berggrunden under samtliga hus. I det valda alternativet har bergvärmeanläggningen kompletterats med frånluftsvärmeväxlare vilket minskar behovet av borrhål till ungefär hälften av det tidigare antalet.

I det centrala systemet, närvärmeanläggningen, krävs ett distributionssystem liknande ett fjärrvärmenät. Kostnaden för detta kulvertsystem läggs till de kostnader som uppkommer vid val av ett centralt system. I det aktuella området finns inte fjärrvärme tillgängligt. För att göra jämförelsen mer generell har ett fjärrvärmealternativ tagits fram där samtliga byggnader ansluts till stadens fjärrvärmenät. För det centrala systemet har bergvärmealternativet uteslutits då det varken är tekniskt eller ekonomiskt försvarbart. Ett sådant system skulle ha orimligt stora kostnader för kollektorslangar och då det i dag inte finns så stora värmepumpar att tillgå hade centralen bestått av ett flertal mindre pumpar. Detta alternativ hade även givit extra kostnader för en byggnad. Av dessa anledningar har värmepumparna placerats ut i de enskilda byggnaderna.

### **4.4 Effekt- och energibehov**

Genomsnittlig energianvändning för uppvärmning i ett flerbostadshus har under de senaste åren varit ca 170 kWh/m<sup>2</sup>/år ([www.skogsvarsstyrelsen.se](http://www.skogsvarsstyrelsen.se)) inklusive varmvatten. I ByggaBoDialogen, som är ett samarbete mellan företag, kommuner och stat, som startade våren 2003 för att främja ett energisnålt och långsiktigt byggande, har man satt ett krav på att nybyggnation inte skall ha större energiförbrukning än 85 kWh/m<sup>2</sup>/år för värmeproduktion inklusive varmvatten (Boverket, 2006). I beräkningarna används en för detta projekt realistisk energiförbrukning på 100 kWh/m<sup>2</sup>/år för värmeproduktion inklusive varmvatten. Detta är en avsevärd förbättring från dagens nivåer.

Vid dimensionering av ett uppvärmningssystem krävs omfattande beräkningar för att utreda byggnadens energiförluster. Genom erfarenheter från tidigare projekt kan nyckeltal kopplade till den uppvärmda volymen och arean användas.

För nyproducerade hus kan 40 till 45 W per kvadratmeter användas (Axelsson, Andrén, 2000). Ett medelvärde av dessa effektbehov ger ett totalt effektbehov på 735 kW för de nyproducerade husen. I bilaga 2 genomförs en noggrannare beräkning av effektbehovet med hjälp av sambandet mellan antalet gradtimmar per år ur ett varaktighetsdiagram, dimensionerande utetemperatur (DUT) och den årliga energiförbrukningen. Med DUT = -14 °C, en årlig energiförbrukning av 1730 MWh/år och 82000 gradtimmar blir resultatet

ett effektbehov av ca 720 kW. Med detta som bakgrund väljs för kommande beräkningar ett totalt effektbehov på 735 kW för de nyproducerade husen. På så sätt säkerställs att tillräcklig effekt uppnås.

Det befintliga husets årliga energiförbrukning har kunnat bestämmas genom erhållna upplysningar från fastighetsförvaltaren. Med en årlig oljeförbrukning på 100,5 m<sup>3</sup> och med en verkningsgrad mellan 70 och 75 % erhålls en energiförbrukning på ca 725 MWh per år. I bilaga 2 redovisas motsvarande beräkning som beskrivits ovan för de nyproducerade husen. Resultatet visar att den befintliga byggnaden har ett effektbehov av ca 336 kW. Då detta är ett äldreboende antas att ett effektbehov av 45 W per kvadratmeter är rimligt vilket medför att det totala effektbehovet då blir 368 kW. I de fortsatta beräkningarna används medelvärdet av dessa värden. Det totala effektbehovet för det befintliga huset blir då 352 kW.

#### **4.5 Effekt- och energiförluster**

Vid beräkningar rörande de lokala systemen förutsätts att systemen installeras på sådant sätt att effekt- och energiförlusterna blir små och att de kan försummas i beräkningarna framöver. I de centrala systemen däremot används kulvertar med effektförluster på mellan 12 och 25 W per meter och energiförluster på mellan 100 och 250 kWh/år beroende på dimension (Powerpipe, 2006). För att beräkna dessa förluster för en central anläggning har en dimensionering och en effekt- och energiförlustberäkning gjorts. I bilaga 3 finns en principkarta över kulvertnätet. Kartan har utgjort beräkningsunderlag för leverantörerna som prissatt anläggningen. I samma bilaga redovisas de valda dimensionerna och förlusterna i respektive ledning. Totalt blir effektförlusten ca 15 kW för hela kulvertnätet, vilket medför att värmeproduktionsanläggningen totalt måste kunna leverera ca 1100 kW (1,1 MW). Energiförlusten för hela kulvertnätet blir ca 80 000 kWh per år, vilket motsvarar ca 4 % av hela energiförbrukningen. Vid fjärrvärmeanslutning mäts energiförbrukningen vid undercentralen i varje hus. Det innebär att förlusterna i ledningsnätet inte inräknas i den till huset tillförda energin.

## 4.6 Installerade effekter

Installerad effekt är den effekt som valda anläggningar ger. Anläggningarna är valda för att stå i proportion till de erforderliga effekter som beräknats ovan.

### 4.6.1 Lokala anläggningar

För de lokala anläggningarna har effekter valts enligt tabell 2.

Tabell 2. Installerade effekter vid bergvärme- och lokala pelletsanläggningar.

Byggnad	Effektbehov (kW)	Installerad effekt värmepump (kW)	Effekttäckningsgrad VP (%)	Installerad effekt pelletspanna(kW)	Effekttäckningsgrad PP (%)
1	46	26	57%	50	109%
2	57	33	58%	60	105%
3	46	26	57%	50	109%
4	68	40	59%	75	110%
5	57	33	58%	60	105%
6	57	33	58%	60	105%
7	90	55	61%	93	103%
8	46	26	57%	50	109%
9	68	40	59%	75	110%
10	46	26	57%	50	109%
11	46	26	57%	50	109%
12	57	33	58%	60	105%
13	57	33	58%	60	105%
Befintlig byggnad	352	166	47%	350	99%
Totalt	1087	596		1143	

#### Bergvärme

I alternativet med värmepump ligger den installerade effekten på mellan 47-61 % av det totala effektbehovet för respektive byggnad och energitäckningsgraden ligger på 90 % för samtliga hus.

#### Bibränsleanläggning

I alternativet med bibränsleanläggningar har anläggningar med i det närmaste 100 % effekttäckningsgrad valts för kostnadsjämförelser. På så sätt är hela effektbehovet tillgodosett. I vissa fall kan anläggningarna justeras för att avge högre eller lägre effekt för att erhålla optimal verkningsgrad (Axelsson, André, 2000).

### 4.6.2 Centrala anläggningar

#### Bibränsle

I alternativet med en central bibränsleanläggning har en anläggning på 1100 kW valts vilket motsvarar behovet på 1102 kW inklusive kulvertförluster. Effekttäckningsgraden blir ca 100 %.

#### Fjärrvärme

Vid framtagning av kostnader för fjärrvärme har effekttäckningsgraden valts till 100 %.

## 5 Livscykelkostnad (LCC) - Indata och resultat

Indata har hämtats från de offerter, prislister och muntliga kostnadsuppskattningar som erhållits från ett flertal leverantörer. Utifrån innehållet i kapitel 2 har en kalkylmodell för beräkningarna i detta avsnitt skapats.

### 5.1 Indata

Alla priser redovisas exklusive moms. Reinvesteringar redovisas i bilaga 4. För beräkning av livscykelkostnaden har följande indata använts:

#### Allmänna indata

Kalkylränta:	6 %
Energikostnad, el:	0,83 kr/kWh = 830 kr/MWh
Energikostnad, fjärrvärme:	0,49 kr/kWh = 490 kr/MWh
Energikostnad, pellets:	0,33 kr/kWh
Pelletspris:	1500 kr/ton
Mantimmekostnad:	500 kr/tim
Energiförbrukning:	100 kWh/m <sup>2</sup> , år
Total bruttoarea:	25 554 m <sup>2</sup>
Total energiförbrukning	100 x 25554 = 2555 400 kWh/år = 2555 MWh/år
Kalkylperiod	20 år respektive 30 år

Energikostnaderna ovan har beräknats direkt från råvarans energiinnehåll utan hänsyn till verkningsgradsförluster. Jämför med energikostnad i resultatdelen.

För energiprisökningen har tre olika nivåer använts, 0 %, 3,5 % och 8 % ökning. Dessa nivåer gäller för alla energislag. För att jämföra olika scenarier kan jämförelse göras mellan olika nivåer och energislag.

#### Indata - Fjärrvärme

Fjärrvärmeanläggningen byggs, ägs och förvaltas av fjärrvärmeleverantören. Kostnaden för fjärrvärmeanläggningen består av en anslutningsavgift och en rörlig energikostnad. I anslutningsavgiften (investeringskostnad) ingår uppbyggnaden av kulvert och undercentraler. Dessutom inkluderas kostnaden för en antagen anslutningsledning fram till anslutningspunkten. Anslutningsledningen antas ha en längd på 500 meter. I den rörliga energikostnaden ingår service, reparationer och underhåll av anläggningen.

Uppvärmningsenergi, fjärrvärme	
Totalt:	2 555 400 kWh/år
Årlig energikostnad: 2555 MWh á 490 kr/MWh	1 252 000 kr
Total investeringskostnad:	2 700 000 kr

### **Indata - lokalt system för pellets**

Det lokala bibränslesystemet består av 14 panncentraler i storlekar mellan 50 och 350 kW. Dessa anläggningar kostar mellan 180 000 kr upp till 900 000 kr inklusive installation, bränsleförråd, skorsten (14 meter), intrimning och övrig utrustning. För de större enheterna, från ca 75 kW, ingår även nödvändig rökgasrening. I kostnadsbedömningen förutsätts att samtliga anläggningar kan rymmas inom huset och att inga extra kostnader för byggnader påförs värmeproduktionsanläggningen.

Uppvärmningsenergi, pellets	2 555 400 kWh/år
Driftenergi, el	+ 15 000 kWh/år
Totalt:	2 570 400 kWh/år

Årlig energikostnad, pellets (693 ton, 82 % verkningsgrad)	1 040 000 kr/år
Årlig energikostnad, el	+ 12 500 kr/år
Totalt:	1 052 500 kr/år

Förbrukningsmateriel och reservdelar:	100 000 kr/år
Årligt underhåll: 550 tim/år á 500 kr	275 000 kr/år

Total investeringskostnad:	4 800 000 kr
----------------------------	--------------

### **Indata - Centralt system pelletsanläggning**

Det centrala bibränslesystemet består av en panncentral med storleken 1100 kW som i sin tur är kopplat till en kulvertanläggning för distribution av energin till varje enskilt hus. I priset för panncentralen ingår förutom ett komplett pannhus med installerad panna även övrig installation, bränsleförråd (50 m<sup>3</sup>), skorsten (15 meter), intrimning och övrig utrustning. Nödvändig rökgasrening i form av stoftavskiljning med cyklon ingår.

Uppvärmningsenergi, pellets	2 555 000 kWh/år
Kulvertförluster (ca 4 %)	+ 80 000 kWh/år
Driftenergi, el	+ 25 000 kWh/år
Totalt:	2 660 000 kWh/år

Årlig energikostnad, pellets (697 ton, 84 % verkningsgrad)	1 046 000 kr/år
Årlig energikostnad, el	+21 000 kr/år
Totalt:	1 067 000 kr/år

Förbrukningsmateriel och reservdelar:	20 000 kr/år
Årligt underhåll: 134 tim/år á 500 kr	67 000 kr/år

Investeringskostnad:	
Pannhus med panna m.m.	2 970 000 kr
Kulvertsystem:	+2 500 000 kr
Totalt:	5 470 000 kr

### **Bergvärme**

Detta är ett kombinerat system med bergvärme med frånluftsvärmeväxling. Det lokala värmesystemet består av 14 separata undercentraler placerade i respektive byggnad. I undercentralen installeras värmepumpar på mellan 26 och 166 kW, vilket motsvarar en effekttäckningsgrad på ca 60 %. Resterande effekt tillförs genom en elpanna som används som spetsvärme. Totalt krävs ca 35 borrhål med 130 till 200 meters djup. Dessa antas ligga ca 20 meter från varandra. I detta system används även frånluftsvärmeväxlare som placeras i huset och värmeenergin leds i ett vattenburet system till värmepumpen. I kostnadsbedömningen förutsätts att samtliga anläggningar kan rymmas inom huset och att inga extra kostnader för byggnader påförs värmeproduktionsanläggningen.

Uppvärmningsenergi, el till värmepump	719 000 kWh/år
Uppvärmningsenergi, el till elpanna	<u>+255 500 kWh/år</u>
Totalt:	974 500 kWh/år

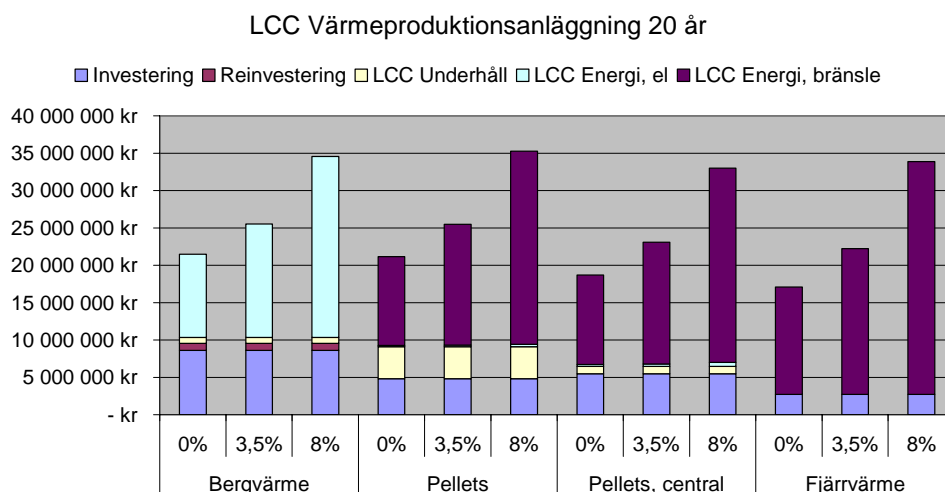
Årlig energikostnad, el	
Totalt:	809 000 kr/år

Förbrukningsmateriel och reservdelar:	10 000 kr/år
Årligt underhåll: 112 tim/år á 500 kr	56 000 kr/år
Reinvestering (efter 15 år):	2 300 000 kr

Total investeringskostnad:	8 600 000 kr
----------------------------	--------------

## 5.2 Resultat - livscykelkostnad

Resultaten av beräkningarna av livscykelkostnaderna för de olika anläggningarna redovisas i figur 11. Resultaten är grupperade efter anläggningslag och fördelade efter energiprisökning. I bilaga 5 redovisas beräkningsresultaten.



**Figur 11.**

**LCC för värmeproduktionssystem under 20 år med energiprisökning på 0 %, 3,5 % och 8 %.**

I figuren kan olika energiprisökningar för olika energislag jämföras med varandra för att finna det troligaste utfallet.

### 5.2.1 Fjärrvärme

Med sin i jämförelsen mycket låga anskaffningskostnad, ca 2,7 miljoner kr, för fjärrvärme står energipriset för mellan 84 och 92 % av hela livscykelkostnaden. I energipriset inkluderas drift och underhåll av anläggningen. Vid en energiprisökning på 8 % ger det högre energipriset en hög livscykelkostnad och fjärrvärmens blir i det fallet dyrare än den centrala pelletsanläggningen.

#### Livscykelkostnad (LCC) för fjärrvärme

Totalkostnad över 20 år

Energiprisökning 0 %: 17,1 miljoner kr

Energiprisökning 3,5 %: 22,2 miljoner kr

Energiprisökning 8 %: 33,9 miljoner kr

### 5.2.2 Pellets - central anläggning respektive lokala anläggningar

Den centrala anläggningen med en närvärmecentral för pellets har en investeringskostnad på ca 5,5 miljoner kr. De små lokala anläggningarna har en sammanlagd investeringskostnad av ca 4,8 miljoner kr.

Energikostnaden, i det här fallet bränslekostnaden, är likvärdig i de båda typerna av pelletsanläggningar, medan underhållskostnaden skiljer sig väsentligt.

Underhållskostnaderna för en stor anläggning blir mindre jämfört med ett flertal små anläggningar. Totalkostnaderna skiljer sig av denna anledning till fördel för den dyrare närvärmecentralen.



### **Livscykelkostnad (LCC) för lokalt system för pellets**

Totalkostnad över 20 år	
Energiprisökning 0 %:	21,2 miljoner kr
Energiprisökning 3,5 %:	25,5 miljoner kr
Energiprisökning 8 %:	35,3 miljoner kr

### **Livscykelkostnad (LCC) för centralt system för pellets**

Totalkostnad över 20 år	
Energiprisökning 0 %:	18,7 miljoner kr
Energiprisökning 3,5 %:	23,1 miljoner kr
Energiprisökning 8 %:	33,0 miljoner kr

## **5.2.3 Bergvärme**

Bergvärme till samtliga nya hus och det befintliga flerbostadshuset ställer krav på större tomtyta än vad som är tillgängligt för att rymma alla borrhål. I beräkningarna används därför en anläggning som kompletterats med frånluftvärmeväxlare. Med dessa förutsättningar har bergvärmeanläggningen en totalkostnad över 20 år som oavsett nivå på energiprishöjningen är helt jämförbar med en anläggning med lokala pelletsanläggningar. Dock ligger den över kostnaderna för närvärmeanläggningen. Vid 8 % energiprisökning har bergvärmeanläggningen något lägre totalkostnad än lokala pelletsanläggningar har vid samma prisökning.

### **Livscykelkostnad (LCC) för bergvärme**

Totalkostnad över 20 år	
Energiprisökning 0 %:	19,3 miljoner kr
Energiprisökning 3,5 %:	22,6 miljoner kr
Energiprisökning 8 %:	30,3 miljoner kr

## **5.3 Livscykelkostnad vid längre kalkylperiod**

Genom att beräkna livscykelkostnaden över 30 år erhålls följande resultat. Reinvesteringarna grundas på leverantörernas uppskattningar, se bilaga 4, och innebär att de båda pelletsanläggningarna får nya brännare och att övriga rörliga delar ersätts eller repareras. På så sätt skall de kunna fungera i ytterligare 10 år. Bergvärmeanläggningens reinvestering gjordes efter 15 år och finns inräknad redan i den förra beräkningen över 20 år. Då reinvesteringens storlek under en längre tidsperiod är mer svårbedömd bör dessa resultat ses som indikationer på vilka förhållanden som gäller mellan de olika systemen snarare än absoluta belopp för kostnadernas storlek.

### **Livscykelkostnad (LCC) för fjärrvärme**

Totalkostnad över 30 år	
Energiprisökning 0 %:	19,9 miljoner kr
Energiprisökning 3,5 %:	28,9 miljoner kr
Energiprisökning 8 %:	54,9 miljoner kr

### Livscykelkostnad (LCC) för lokalt system för pellets

Totalkostnad över 30 år

Energiprisökning 0 %: 24,8 miljoner kr

Energiprisökning 3,5 %: 32,3 miljoner kr

Energiprisökning 8 %: 54,1 miljoner kr

### Livscykelkostnad (LCC) för centralt system för pellets

Totalkostnad över 30 år

Energiprisökning 0 %: 21,7 miljoner kr

Energiprisökning 3,5 %: 29,3 miljoner kr

Energiprisökning 8 %: 51,4 miljoner kr

### Livscykelkostnad (LCC) för bergvärme

Totalkostnad över 30 år

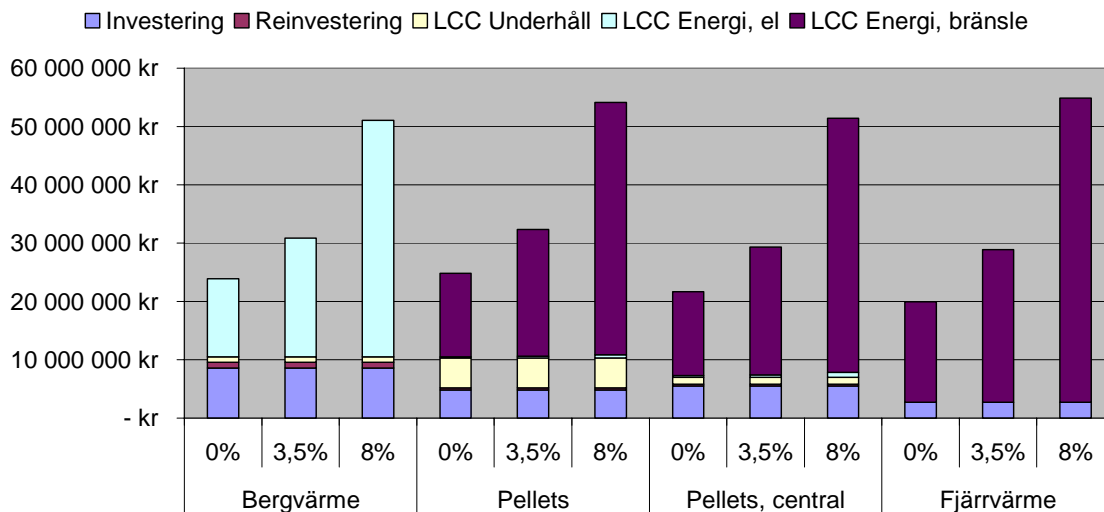
Energiprisökning 0 %: 19,9 miljoner kr

Energiprisökning 3,5 %: 28,9 miljoner kr

Energiprisökning 8 %: 54,9 miljoner kr

Resultaten redovisas utförligt i bilaga 6 och har sammanställts i figur 12.

LCC Värmeproduktionsanläggning 30 år

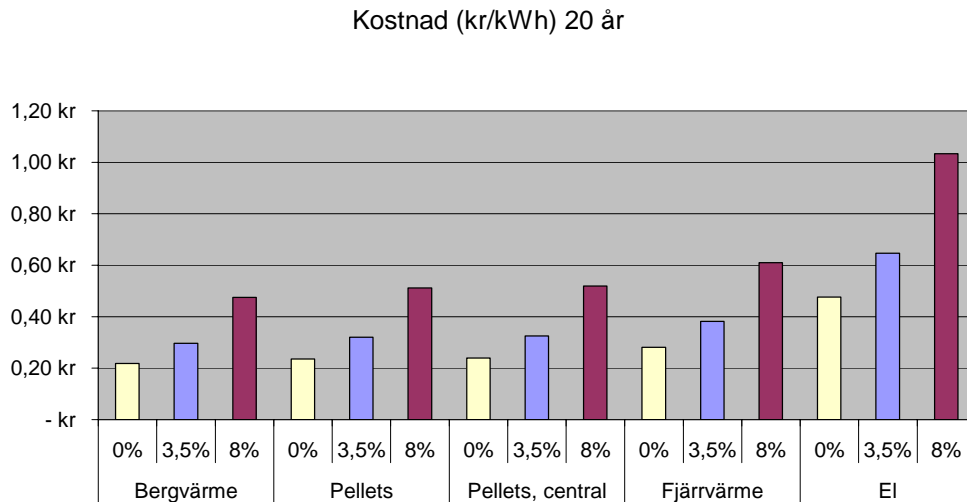


Figur 12.

LCC för värmeproduktionsystem under 30 år med energiprisökning på 0 %, 3,5 % och 8 %.

## 5.4 Jämförelse av energikostnad

För att göra ytterligare en jämförelse har nuvärdet för energikostnaden över hela brukstiden på 20 år fördelats på den producerade värmeenergin. I figur 13 framgår att kostnaden över brukstiden varierar mellan ca 22 och 28 öre/kWh vid 0 % prisökning och mellan ca 48 och 61 öre/kWh vid 8 % prisökning. I figuren har kostnaden för ren elenergi lagts in som jämförelse. Nuvärdet för elenergi varierar mellan 48 och 103 öre/kWh.



Figur 13. Jämförelse av energikostnad över brukstiden på 20 år (kr/kWh)

## 6 Diskussion

Vid en jämförelse av olika system måste resultaten av LCC-beräkningarna analyseras. Denna analys kan göras ur olika perspektiv och beroende på vilket perspektiv läsaren har kan olika saker vara av vikt. För byggherren, som efter avslutad byggnation överlämnar fastigheten till brukarna, kan grundinvesteringens storlek vara av stor vikt medan brukarna ser till driftkostnaderna för en lång tid framöver. Byggherrens perspektiv kan givetvis variera. Utgår vi från JM AB, som bygger fastigheter och sedan överlämnar dem till brukarna i form av en bostadsrättsförening eller liknande, kan grundinvesteringen påverka det pris som brukarna skall betala för sin lägenhet. Ett högt pris kan påverka möjligheterna att få lägenheterna sålda. Antingen måste kunden vara beredd att betala för merkostnaden som en högre grundinvestering medför, alternativt minskar vinstmarginalen för byggherren. För den framtida överlevnaden för byggeherreföretaget måste dock vinstmarginalen hållas på en viss nivå vilket medför att kunden måste övertygas att betala mer vid en ökad grundinvestering. För byggherren påverkar livscykelkostnaden inte valet av värmeproduktionssystem då byggherren har ett i sammanhanget kortvarigt engagemang jämfört med de boende. För brukaren däremot är det troligt att livscykelkostnaden påverkar viljan att köpa bostaden då de största kostnaderna utgörs av driften.

Läsaren måste ställa sig frågan vilken energiprisökning som är den mest rimliga för framtiden. Man bör även fundera på om prisökningen på el följer samma nivå som prisökningen på pellets. Staten har uttalat tydliga mål att både minska landets oljeförbrukning och kärnkraftproduktionen för att i stället satsa på förnyelsebara energislag. Av detta är

det rimligt att anta att prisökningen på pellets inte kommer att stiga lika mycket som för elenergi. Med ovanstående som bakgrund bör jämförelse göras mellan pellets med 3,5 % prisökning och övriga energislag med 8 % ökning. I ett scenario där det sker en stor ökning av elpriset medan pelletspriset inte ökar lika mycket blir fördelarna större för pelletsanläggningarna gentemot bergvärmen som kräver en hel del elenergi. Vid en längre kalkylperiod på 30 år och med 8 % energiprisökning för samtliga energislag får bergvärmen en lägre total kostnad än de övriga. Om däremot energiprisökningen för el är större än för pellets blir de båda pelletsalternativen billigare än bergvärmealternativet. Om fjärrvärmen kommer att följa elpriset eller biobränslepriset i framtiden är svårt att förutse. Följer fjärrvärmen elpriset blir pelletsalternativen billigast på lång sikt.

Genom att bygga en närvärmecentral kan fjärrvärmens fördelar utnyttjas på det lokala planet, om än i lite mindre skala. Verkningsgraden är högre i större anläggningar och underhållskostnaderna minskar totalt sett. Utbyggnaden av fjärrvärme i Göteborg sker successivt. För det i rapporten undersökta området finns idag inget utbyggt fjärrvärmenät. Enligt Göteborg Energi finns inte några planer för utbyggnad i dagsläget. Kulvertnätet har betydligt längre livslängd än närvärmecentralens utrustning. Det innebär att en enkel övergång till fjärrvärme kan göras senare, om detta byggts fram till området. På så sätt kan närvärmecentralen användas till dess den tjänat ut och fjärrvärme kan anslutas istället för reinvesteringar i närvärmecentralen.

Vid val av bergvärmeanläggningar för området bör övervägas att installera en pelletsanläggning i stället för bergvärmepump i det befintliga flerbostadshuset. Orsakerna till detta är av praktisk art, då det kan vara svårt att installera frånluftsvärmeväxlare i ett befintligt ventilationssystem och att ett äldre distributionssystem kräver högre temperaturer än vad bergvärmepumpen normalt levererar. Vid en långsiktig jämförelse finns fördelar med bergvärme då borrhålen kan användas under mycket lång tid, enligt IVT upp till 100 år. På så sätt finns en stor del av grundinvesteringen kvar vid re-investering i anläggningen. Ett annat alternativ som bör utredas för byggnation på strandnära tomter är sjövärme. I en sjövärmeanläggning förläggs kollektorslangarna på sjöbotten istället för i energibrunnar. Detta kan troligtvis inte bli aktuellt i området då det kan vara svårt att skydda kollektorslangarna från yttre åverkan, till exempel från båttrafik.

### **Miljö**

Vid val av värmeproduktionssystem måste även de miljömässiga skälen beaktas. För elkrävande system som bergvärme påverkas omfattningen av miljöbelastningen av hur elenergin produceras. Det är stor skillnad på utsläppen för elenergi producerad i ett kol-kraftverk respektive ett vindkraftverk. Vid förbränning av biobränslen sker lokalt utsläpp av miljöbelastande ämnen och partiklar. Utsläpp sker även vid transporter och tillverkning av biobränslen. Tillsammans kan detta ge stora problem i områden som sedan tidigare har stora utsläppsbelastningar. Genom att använda bra rökgasreningsanläggningar och partikelfilter kan dessa problem minskas. För fjärrvärmen beror miljöbelastningen på hur värmeproduktionen sker.

### **Alternativt biobränsle**

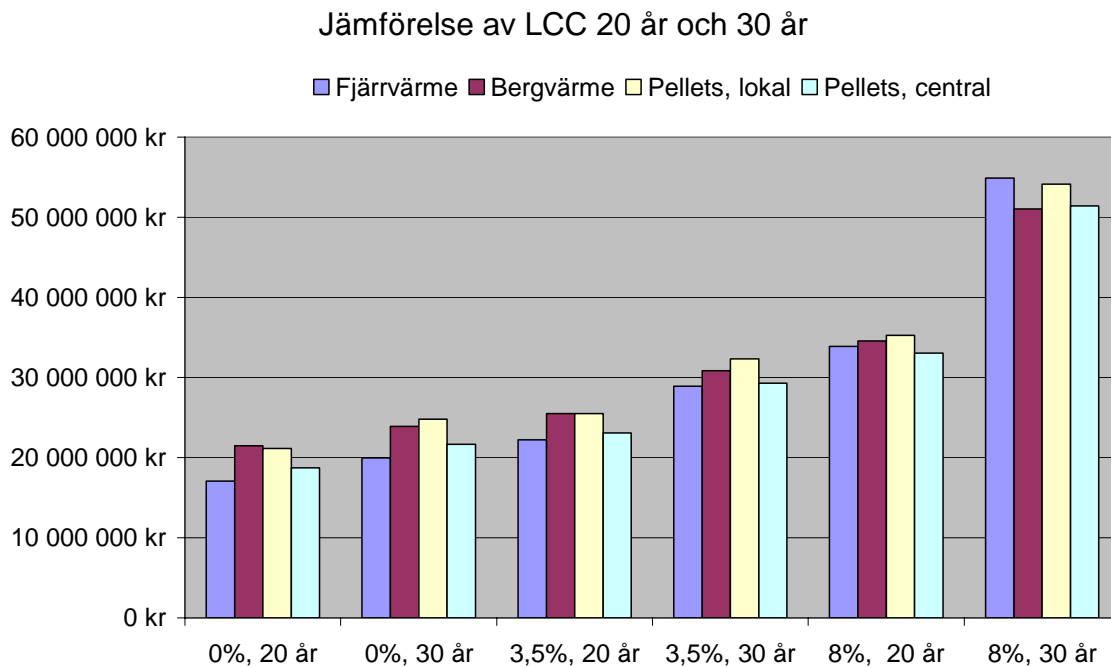
Som ett alternativ till pellets kan bränsleflis användas i den centrala biobränsleanläggningen. Bränsleflis har, enligt Södra, en kostnad som motsvarar ca 1/3 av

pelletspriset per MWh. Denna anläggning kan då på sikt ekonomiskt konkurrera med fjärrvärmen, även om fjärrvärmen har en betydligt lägre anskaffningskostnad. Användning av flis medför dock ökade kostnader för hantering, transporter och underhåll då flis kräver större lagrings- och transportvolym. Dessutom påverkar det ökade fukttinnehållet anläggningens verkningsgrad och rökgasernas sammansättning. För att få en korrekt LCC-beräkning med flis krävs en utförlig analys av dessa merkostnader. På vissa håll har närvärmecentraler och lokala leverantörer av flis skapat både arbetstillfällen och en naturlig avsättning för lokala skogsprodukter.

Vid val av system bör både de tekniska, ekonomiska och miljömässiga skälen värderas och vägas samman för att finna den bästa lösningen.

## 6.1 Slutkommentarer

För att sammanfatta resultaten av LCC-beräkningarna används figur 14, där totalkostnaderna för samtliga system och prisökningar med både 20 och 30 års kalkylperiod finns redovisade.



**Figur 14. Jämförelse av LCC 20 och 30 år.**

På lång sikt visar det sig att energipriset har stor inverkan på totalkostnaden. Ju större energiprisökningen är desto mindre påverkar investeringens storlek.

## 7 Slutsatser

Slutsatsen från LCC-beräkningarna i denna rapport är att en närvärmecentral med biobränsle bör byggas. Kulvertnätet ger fördelar genom att det kan användas till olika värmeproduktionsanläggningar i framtiden. Fjärrvärme finns inte tillgängligt och har dessutom ett högt energipris som gör den dyr i längden. Bergvärme har en stor investeringskostnad som ger en hög totalkostnad trots sitt låga energipris. De lokala pelletsanläggningarna blir för kostsamma att underhålla.

Ytterligare slutsatser från denna rapport är att vissa kostnader som skall ligga till grund för livscykelkostnadsberäkningar inte med säkerhet går att bestämma. Det finns en rad osäkerhetsfaktorer som påverkar, inte minst framtida energipriser och eventuella skatteändringar. Därför lämnar författarna till denna rapport över till läsaren att slutgiltigt avgöra vilket scenario som är det rimligaste. Dock kvarstår faktum att lägsta energikostnad är mycket gynnsamt i längden. På detta sätt visar det sig att livscykelkostnadsberäkningar ger en bättre beslutsgrund än att bara se till investeringskostnaderna.

## Källförteckning

### Tryckta källor

Davin, B (1998), *Värme i småhus*, 8:e upplagan, Konsumentverket, ISBN 91-7398-659-3

Johansson, M m.fl. (2001), *Kalkylera med LCCenergi*, Sveriges Verkstadsindustrier

Skärvad, P-H, Olsson, J (2003) *Företagsekonomi 100*, Liber AB, ISBN 91-47-07236-9

LRF (2005) *Värm gården med spannmål*, rapport nr 42546 (2005), Lantbrukarnas Riksförbund

Axelsson, A, Andréén, L (2000) *Värmeboken, 20°C till lägsta kostnad*, Wahlström & Widstrand, ISBN 91-46-17693

Bokalders, V, Sternberg, H m.fl. (1995) *Ekobygg, produktguide för sunda och miljöanpassade hus*, Ekokultur Förlag, ISBN 91-88456-02-1

LRF Skaraborg i samarbete med Chalmers, KanEnergi Sweden AB, ÄFAB och Lantmännen (2004) *Eldning av havre för uppvärmning*

STEM (2005) *Värme i villan*, Energimyndigheten

Gulliksson, H m.fl. (2005) *Närvärme med biobränslen*, Energimyndigheten

Claesson, Susanne m.fl. (2006) *Fjärrvärmens och miljön*, Svensk Fjärrvärme

KanEnergi, STEM (2006) *Att sälja värme – En guide till farmarenergi*, Energimyndigheten

MBIO Energiteknik AB, Rapport 2000.03 5:1 *Fjärr- och närvärme*

Powerpipe (2006) *Katalog 2006*, uppdaterad 2006-04-21  
Powerpipe Systems AB

### Elektroniska källor

NE (2000) *Nationalencyklopedin Multimedia*, Nationalencyklopedin AB, ISBN 91-7133-749-0

ByggaBoDialogen, Boverket 2006  
<http://www.byggabodialogen.se/EPIServer/default.aspx>

Hellström, G, Gehlin, S, SVEP (2006) *Bergvärmesystem med fler än en energibrunn*,  
<http://www.svepinfo.se/dbcontent.php?action=a&id=9> , 2006-04-20

Skogsstyrelsen (2006-05-10) <http://www.skogsvarsstyrelsen.se>

FORTUM

<http://www.fortum.se/framelink.asp?path=19923;22344;22353;23972;23973;23978;23981;26232> , 2006-05-25

Göteborg Energi, maj 2006

Brådenmark, 2006 ([http://www.kristianstad.se/templates\\_custom/Page\\_4357.aspx](http://www.kristianstad.se/templates_custom/Page_4357.aspx) , 2006-05-23)

### **Muntliga källor**

SÅBI Pellets, 2006-05-30

Kungälv Energi, 2006-05-30

Södra, 2006-05-30

### **Leverantörer och övriga uppgiftslämnare**

ISOPLUS Fjernvarmeteknik A/S

Powerpipe Systems AB

HOTAB

Clean Burn Trading AB

EcoTec

LT Energiteknik AB

Källby Rör

Kollektivrör AB

Sonnys maskiner AB

Nibe AB

IVT AB

Thermia AB

Varmitek

Göteborg Energi

### **Figurer och tabeller**

Figur 1. Panna med brännare och förråd (Ecotec, 2005)

Figur 2. Horisontalmatad brännare (Ecotec, 2005)

Figur 3. Pellets (SP, 2005)

Figur 4. Värmepumpsprincipen (GT, 2005)

Figur 5. Bergtemperaturen genom ett horisontalplan genom två energibrunnar med 20 meters avstånd. Den mörka färgen visar temperatursänkningens utbredning efter 1, 5, 10 och 25 år. Den mörkaste färgen motsvarar ca tre graders sänkning.(  
<http://www.svepinfo.se/dbcontent.php?action=a&id=9> , 2006-04-20)

Figur 6. Fjärrvärmenät (Göteborg energi, 2006)

Figur 7. Närvärmecentral i Lidköpings kommun, (ÄFAB, 2006)

Figur 8. Situationsplan över området (JM AB, 2006)

Figur 9. Förändring av elpriser för hushåll sedan 1997 (Energimyndigheten, 2006-04-18)



Figur 10. Årlig förändring av elpriser för storkunder (Energimyndigheten, 2006-04-18)

Figur 11. LCC för värmeproduktionssystem under 20 år med energiprisökning på 0 %, 3,5 % och 8 %.

Figur 12. LCC för värmeproduktionssystem under 30 år med energiprisökning på 0 %, 3,5 % och 8 %.

Figur 13. Jämförelse av energikostnad över brukstiden på 20 år (kr/kWh)

Figur 14. Jämförelse av LCC 20 och 30 år

Tabell 1. Bruttoarea och lägenhetsantal

Tabell 2. Installerade effekter vid bergvärme- och lokala pelletsanläggningar.

## **Bilagor**

Bilaga 1	Energipriser
Bilaga 2	Effektbehov
Bilaga 3	Närvarmenät
Bilaga 4	Reinvesteringar
Bilaga 5	Resultat LCC 20 år
Bilaga 6	Resultat LCC 30 år

## Energipriser våren 2006

### Elenergi:

Elpris	42,0 öre/kWh
Energiskatt:	26,1 öre/kWh
Elcertifikatsavgift	2,64 öre/kWh
Nätavgift	12,3 öre/kWh
Totalt pris	83,3 öre/kWh (För beräkningarna används 83,0 öre/kWh)

(Källa: Fortum och Göteborg Energi, maj 2006)

### Fjärrvärme:

Energipris	49,0 öre/kWh
------------	--------------

(Källa: Göteborg Energi, maj 2006)

### Biobränsle:

Pellets	1500 kr/ton
---------	-------------

(Källa: SÅBI Pellets)

Flis	mindre än 500 kr/ton
------	----------------------

(Källa: Kungälv energi och Södra, juni 2006)

## Effektbehov

Dimensionerande värmeeffektbehov fås genom sambandet:

$$Q_{v,\text{år}} = Q_{v,\text{dim}} / (t_r - \Delta t_{\text{int}} - \text{DUT}_{20}) \cdot S$$

där:

$Q_{v,\text{år}}$  = årsvärmebehovet, kWh/år

$Q_{v,\text{dim}}$  = dimensionerande värmeeffekt, kW

$\Delta t_{\text{int}}$  = internt bidrag, °C

$\text{DUT}_{20}$  = dimensionerande utetemperatur, °C

$t_r$  = rumstemperaturen, °C

$S$  = antal gradtimmar/år

Antalet gradtimmar beräknas fram genom ett varaktighetsdiagram, i detta fall över Göteborg. Se sida 3.

Nyckeltal för effektbehov finns, 40-45 W/m<sup>2</sup>.

## Nya husen

Metod 1:

$Q_{v,\text{år}} = 1730000$  kWh/år

$Q_{v,\text{dim}}$  = sökt värde, kW

$\Delta t_{\text{int}} = 0^\circ\text{C}$  (Antaget värde)

$\text{DUT}_{20} = -14^\circ\text{C}$  (Göteborg, Petersson, B-Å, 2004)

$t_r = 20^\circ\text{C}$

$S = 82000$  gradtimmar/år

$$\Rightarrow Q_{v,\text{dim}1} = 717 \text{ kW}$$

Metod 2:

Medeleffektbehov =  $(40 + 45)/2 = 42,5$  W/m<sup>2</sup>

$$\Rightarrow Q_{v,\text{dim}2} = 42,5 \cdot 17300 \text{ m}^2 = 735 \text{ kW}$$

**Vid beräkningar används hädanefter den högre effekten,**

**$Q_{v,\text{dim}} = 735 \text{ kW}$**

## **Befintlig byggnad**

Då effekten på befintlig panna ej kunnat erhållas har följande beräkningar utförts.

Uppmätt oljeförbrukning:	100,5 m <sup>3</sup> /år
Energiinnehåll:	10000 kWh/m <sup>3</sup>
Verkningsgrad:	ca 72 %

Metod 1:

$$Q_{v, \text{år}} = 100,5 \cdot 10000 \cdot 0,72 = 723600 \text{ kWh/år}$$

$$Q_{v, \text{dim}} = \text{sökt värde, kW}$$

$$\Delta t_{\text{int}} = 0^\circ\text{C} \text{ (Antaget värde)}$$

$$\text{DUT}_{20} = -14^\circ\text{C} \text{ (Göteborg, Petersson, B-Å, 2004)}$$

$$t_r = 24^\circ\text{C}$$

$$S = 82000 \text{ gradtimmar/år}$$

$$\Leftrightarrow Q_{v, \text{dim1}} = 335 \text{ kW}$$

Metod 2:

Antas ett högre effektbehov (45 W/m<sup>2</sup>) då det är ett äldreboende

$$\Leftrightarrow Q_{v, \text{dim2}} = 45 \cdot 8180 \text{ m}^2 = 368 \text{ kW}$$

**Då effektbehovet är osäkert har följande medelvärde från ovanstående beräkningar använts vid kommande beräkningar för befintlig byggnad.**

$$\text{Medeleffektbehov} = (335 + 368)/2 = 352 \text{ kW}$$

$$Q_{v, \text{dim}} = 352 \text{ kW}$$

## **Uppdelning av effektbehov per byggnad**

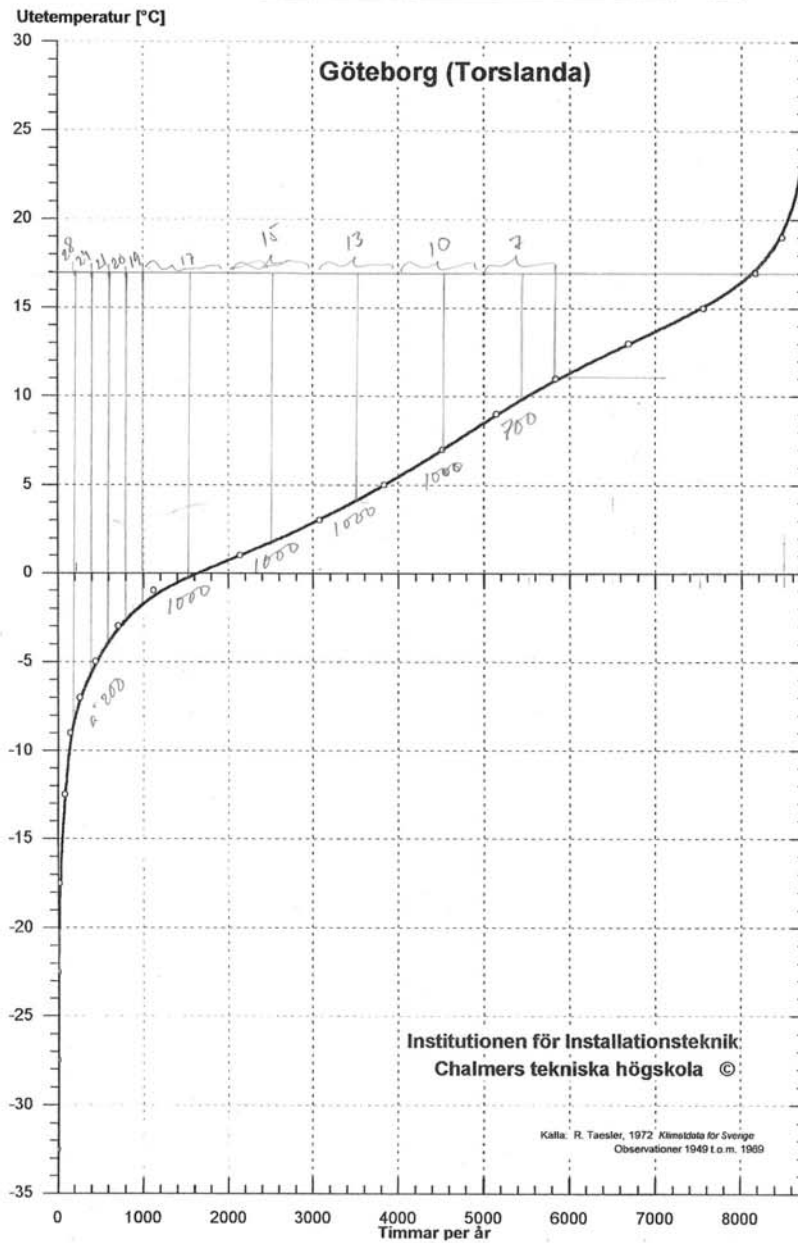
För de nya husen har den totala effekten delats upp i proportion till bruttoarean i respektive hus. Nedanstående resultat har erhållits.

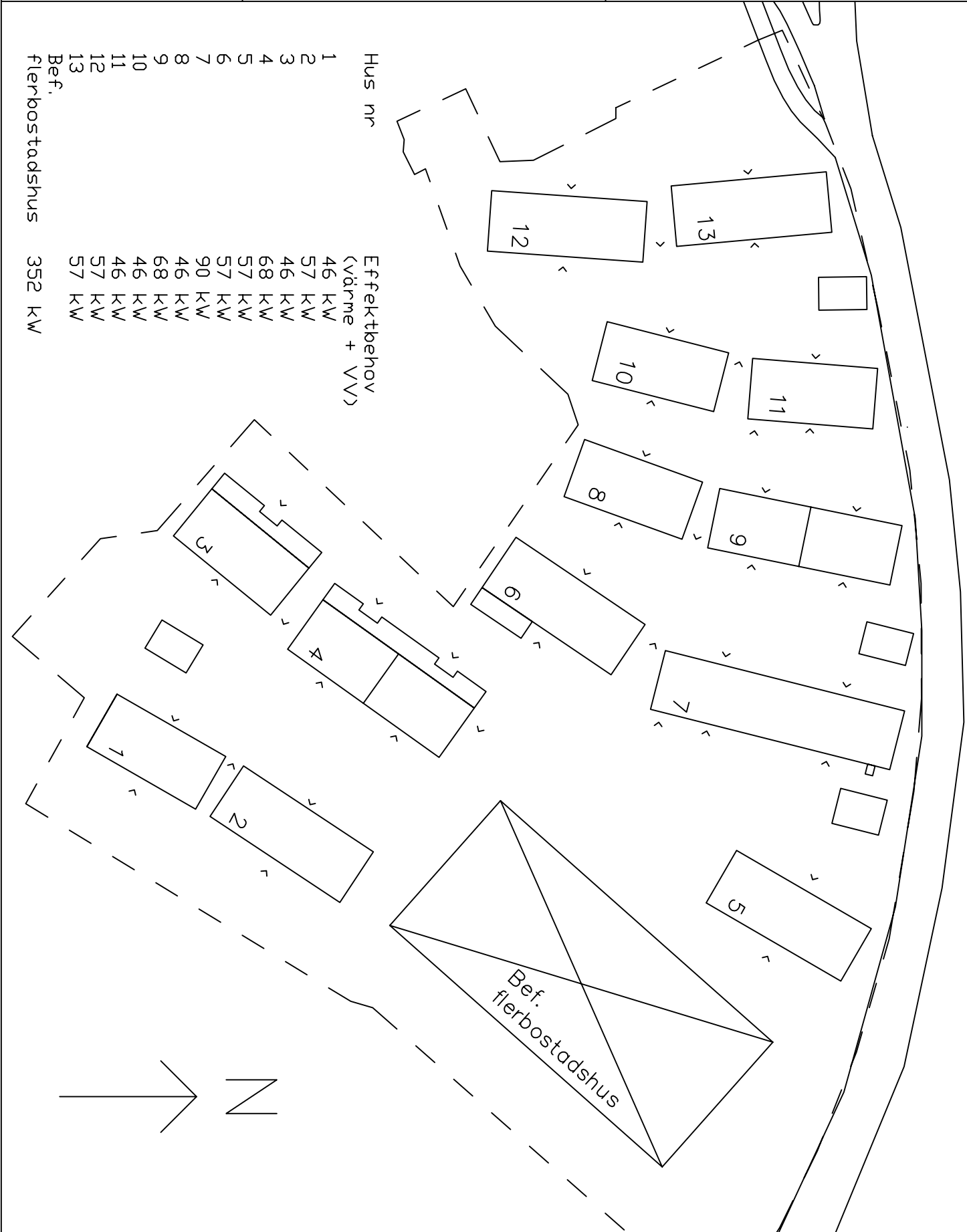
Bruttoarea och effektbehov för respektive hus

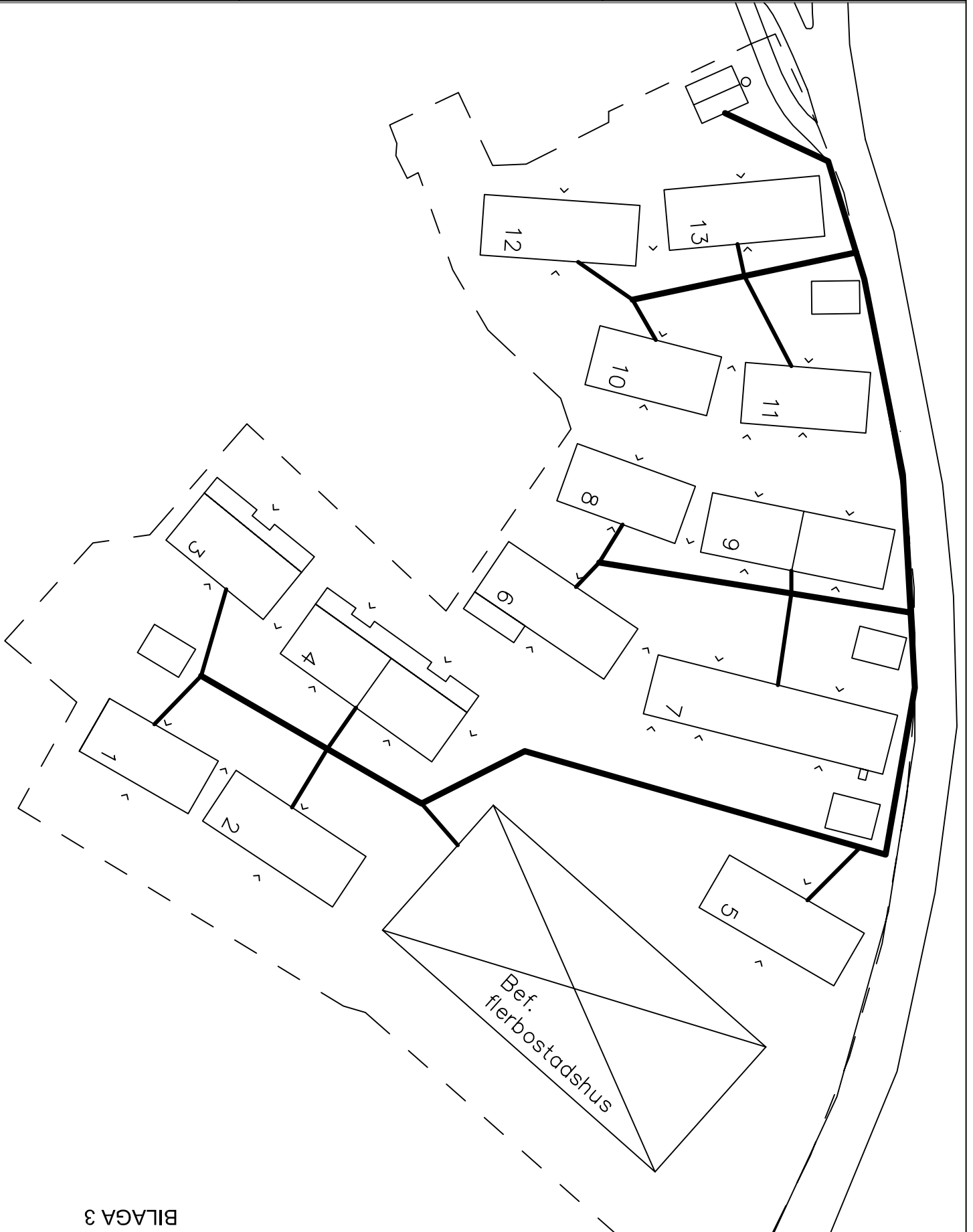
Hus	BTA (m <sup>2</sup> )	Effektbehov (kW)
1	1071	46
2	1331	57
3	1071	46
4	1590	68
5	1331	57
6	1331	57
7	2108	90
8	1071	46
9	1590	68
10	1071	46
11	1071	46
12	1331	57
13	1331	57
Bef. byggnad	8180	352

**TOTALT 1087**

Namn: \_\_\_\_\_ Sid. \_\_\_\_\_







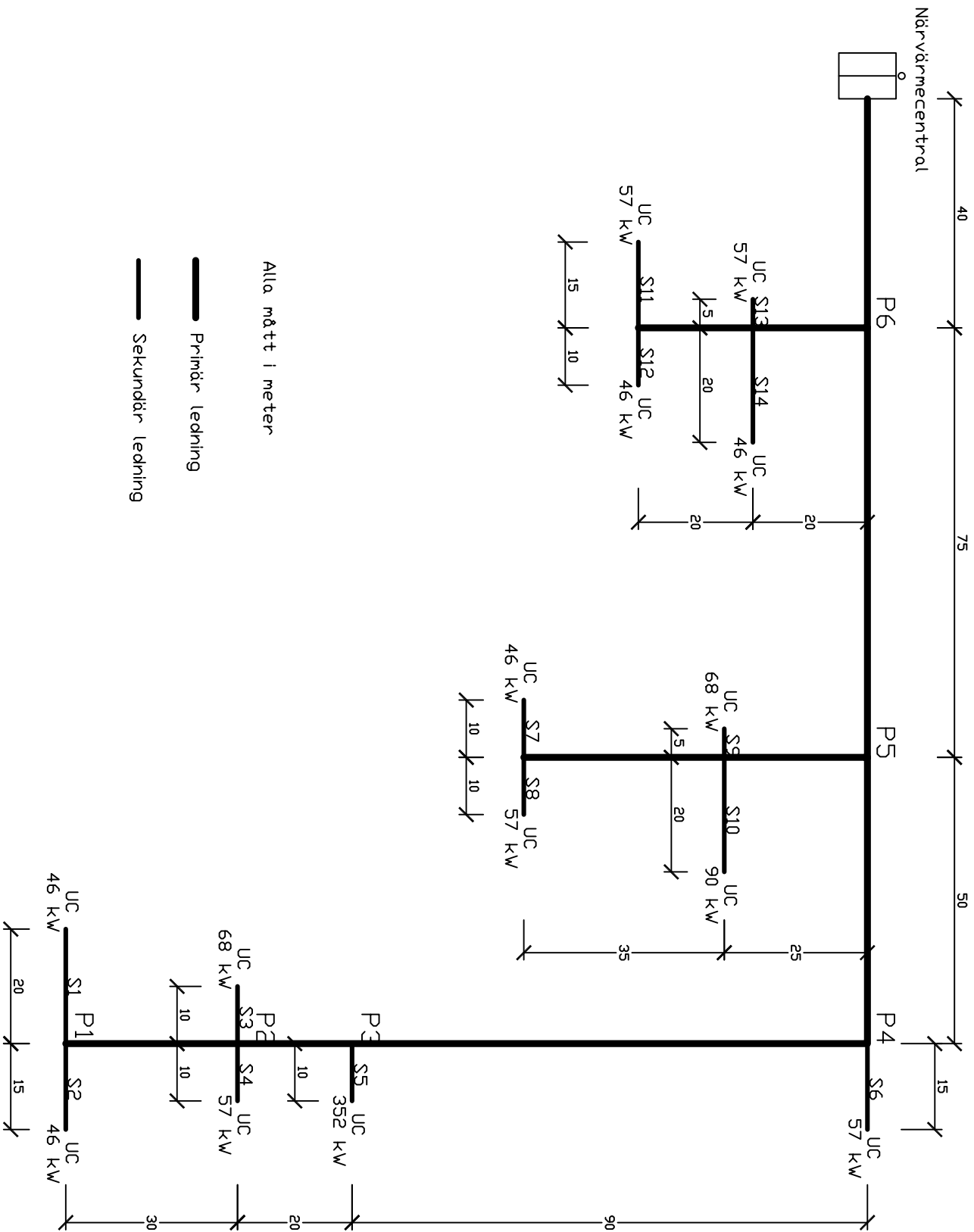
# Examensarbete

Värmeproduktionsystem  
 Johan Bergström,  
 Lars-Magnus Johansson

## CHALMERS LINDHOLMEN

Principskiss  
 Närvärmnät

DATUM	2006-05-08
SKALA	1:1000
ANSV	LMJ, JB
NUMMER	A4 02



Alla mått i meter

- Primär ledning
- Sekundär ledning



## Reinvesteringar

### Bergvärme

Efter 15 år:

Värmepump (kompressorer och andra rörliga delar)

2 300 000 kr

(Källa: Gunnar Eklund, IVT, 2006)

### Pellets, lokala system

Ingår i kostnaden för löpande underhåll upp till 20 år

Efter 20 år:

Brännare och andra rörliga delar

1 200 000 kr

(Källa: Bo Augustsson, Clean-Burn Trading)

### Pellets, centralt system

Ingår i kostnaden för löpande underhåll upp till 20 år

Efter 20 år:

Brännare och andra rörliga delar

1 000 000 kr

(Källa: Magnus Karlsson, HOTAB)

### Fjärrvärme

Ingår i energikostnad

	Pellets		
	0%	3,5%	8%
Investering	4 800 000 kr	4 800 000 kr	4 800 000 kr
Reinvestering	- kr	- kr	- kr
LCC Underhåll	4 301 220 kr	4 301 220 kr	4 301 220 kr
LCC Energi, el	142 801 kr	194 085 kr	309 933 kr
LCC Energi, bränsle	11 914 730 kr	16 193 718 kr	25 859 664 kr
<b>Summa</b>	<b>21 158 751 kr</b>	<b>25 489 023 kr</b>	<b>35 270 818 kr</b>
Energikostnad (kr/kWh)	0,236 kr	0,321 kr	0,512 kr

	Fjärrvärme		
	0%	3,5%	8%
Investering	2 700 000 kr	2 700 000 kr	2 700 000 kr
Reinvestering	- kr	- kr	- kr
LCC Underhåll	- kr	- kr	- kr
LCC Energi, el	- kr	- kr	- kr
LCC Energi, bränsle	14 362 016 kr	19 519 907 kr	31 171 239 kr
<b>Summa</b>	<b>17 062 016 kr</b>	<b>22 219 907 kr</b>	<b>33 871 239 kr</b>
Energikostnad (kr/kWh)	0,281 kr	0,382 kr	0,610 kr

	Bergvärme		
	0%	3,5%	8%
Investering	8 600 000 kr	8 600 000 kr	8 600 000 kr
Reinvestering	959 710 kr	959 710 kr	959 710 kr
LCC Underhåll	757 015 kr	757 015 kr	757 015 kr
LCC Energi, el	11 174 528 kr	15 187 683 kr	24 253 132 kr
LCC Energi, bränsle	- kr	- kr	- kr
<b>Summa</b>	<b>21 491 252 kr</b>	<b>25 504 407 kr</b>	<b>34 569 857 kr</b>
Energikostnad (kr/kWh)	0,219 kr	0,297 kr	0,475 kr

	Pellets, central		
	0%	3,5%	8%
Investering	5 470 000 kr	5 470 000 kr	5 470 000 kr
Reinvestering	- kr	- kr	- kr
LCC Underhåll	997 883 kr	997 883 kr	997 883 kr
LCC Energi, el	238 001 kr	323 475 kr	516 556 kr
LCC Energi, bränsle	11 994 761 kr	16 302 490 kr	26 033 362 kr
<b>Summa</b>	<b>18 700 645 kr</b>	<b>23 093 848 kr</b>	<b>33 017 801 kr</b>
Energikostnad (kr/kWh)	0,239 kr	0,325 kr	0,519 kr

	EI		
	0%	3,5%	8%
LCC Energi, el	24 327 496 kr	33 064 333 kr	52 800 261 kr
Energikostnad (kr/kWh)	0,48 kr	0,65 kr	1,03 kr

	Pellets		
	0%	3,5%	8%
Investering	4 800 000 kr	4 800 000 kr	4 800 000 kr
Reinvestering	374 168 kr	374 168 kr	374 168 kr
LCC Underhåll	5 161 812 kr	5 161 812 kr	5 161 812 kr
LCC Energi, el	171 372 kr	280 562 kr	518 688 kr
LCC Energi, bränsle	14 288 638 kr	21 741 980 kr	43 277 323 kr
Summa	24 805 988 kr	32 338 539 kr	54 131 988 kr
Kostnad (kr/kWh)	0,189 kr	0,287 kr	0,571 kr

	Bergvärme		
	0%	3,5%	8%
Investering	8 600 000 kr	8 600 000 kr	8 600 000 kr
Reinvestering	959 710 kr	959 710 kr	959 710 kr
LCC Underhåll	908 479 kr	908 479 kr	908 479 kr
LCC Energi, el	13 410 335 kr	20 391 259 kr	40 588 719 kr
LCC Energi, bränsle	- kr	- kr	- kr
Summa	23 878 524 kr	30 859 448 kr	51 056 908 kr
Kostnad (kr/kWh)	0,175 kr	0,266 kr	0,529 kr

	Fjärrvärme		
	0%	3,5%	8%
Investering	2 700 000 kr	2 700 000 kr	2 700 000 kr
Reinvestering	- kr	- kr	- kr
LCC Underhåll	- kr	- kr	- kr
LCC Energi, el	- kr	- kr	- kr
LCC Energi, bränsle	17 235 578 kr	26 207 782 kr	52 166 485 kr
Summa	19 935 578 kr	28 907 782 kr	54 866 485 kr
Kostnad/kWh	0,225 kr	0,342 kr	0,680 kr

	Pellets, central		
	0%	3,5%	8%
Investering	5 470 000 kr	5 470 000 kr	5 470 000 kr
Reinvestering	311 805 kr	311 805 kr	311 805 kr
LCC Underhåll	1 197 540 kr	1 197 540 kr	1 197 540 kr
LCC Energi, el	285 620 kr	434 304 kr	864 480 kr
LCC Energi, bränsle	14 394 681 kr	21 888 020 kr	43 568 015 kr
Summa	21 659 647 kr	29 301 668 kr	51 411 840 kr
Kostnad/kWh	0,181 kr	0,281 kr	0,590 kr

	El		
	0%	3,5%	8%
LCC Energi, el	29 194 959 kr	44 392 774 kr	88 363 638 kr
Kostnad/kWh	0,57 kr	0,87 kr	1,73 kr