



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Lunds universitet

Institutionen för teknik och samhälle  
*Miljö- och energisystem*

## **Bostadsområdet Västra Eriksberg – byggnader och långsiktigt hållbar värmeproduktion**

Anders Danielsson & Ronnie Hollsten

Examensarbete

December 2005



Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA vid Lunds universitet Institutionen för teknik och samhälle Miljö- och energisystem Gerdagatan 13 223 62 Lund Telefon: 046-222 00 00 Telefax: 046-222 86 44	Dokumentnamn
	Examensarbete
	Utgivningsdatum
	December 2005
	Författare
	Anders Danielsson Ronnie Hollsten

---

Dokumenttitel och undertitel

Bostadsområdet Västra Eriksberg – byggnader och långsiktigt hållbar värmeproduktion

---

Sammandrag

Syftet med denna rapport är att, utifrån miljö och kostnader, hitta det mest lämpliga värmeproduktions-systemet för bostadsområdet Västra Eriksberg i Göteborg samt att studera skillnader mellan två hustyper. Uppdragsgivare är Norra Älvstranden Utveckling AB.

Hustyperna skiljer sig åt när det gäller material- och energibehov. Den ena hustypen är mer välisolerad samt har ett mer avancerat ventilationssystem, vilket medför att denna hustyp inte är i behov av ett radiatorsystem. Totalkostnaden för byggnation är lika stor för de två hustyperna. Miljöpåverkan från husens driftfas är större än från dess byggfas, vilket medför att den mer energisnåla hustypen är bättre för miljön.

Tre värmeproduktionssystem studeras: fjärrvärme, pelletsförbränning och värmepumpar. De två sistnämnda kompletteras med naturgasförbränning vid större värmebehov. Beroende på vilka bedömningsgrunder och villkor man har som utgångspunkt varierar det vilket system som är lämpligast för Västra Eriksberg. Billigast är ett pelletssystem och dyrast är ett värmepumpsystem. För den lokala miljön är ett värmepumpsystem den bästa lösningen medan ett pelletssystem är den sämsta. Beroende på hur driftelen till värmepumparna produceras har detta system antingen minst eller störst total miljöpåverkan. Fjärrvärme kan ses som ett medelalternativ, både när det gäller kostnader och miljöpåverkan.

---

Nyckelord

Värmeproduktion, lågenergihus, miljöpåverkan, kostnader, ByggaBoDialogen

Sidomfång	Språk	ISRN
96	Svenska, Sammandrag och sammanfattning på engelska	LUTFD2/TFEM--05/5011--SE + (1-96)



Organisation, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies Gerdagatan 13 SE-223 62 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 00 00 Telefax: int+46 46-222 86 44	Type of document
	Master thesis
	Date of issue
	December 2005
	Authors
	Anders Danielsson Ronnie Hollsten

---

Title and subtitle

The housing area Västra Eriksberg – residential buildings and sustainable heat production

---

Abstract

The purpose of this report is to find the most suitable heat production system for a housing area, Västra Eriksberg, in Gothenburg, regarding environmental impact and costs. The purpose is also to make a comparison between two residential building types, also according to these aspects. The report is written on request from the company Norra Älvstranden Utveckling AB.

The house types differ when it comes to material and energy demand. One of the house types is more insulated and has a more advanced ventilation system. The effect of this difference is that this house type has no need for a radiator system. The total cost for the two house types is equal. The environmental impact is greater during the residential buildings operation phase than during their construction phase. This fact makes the more energy efficient house type a better alternative from an environmental perspective.

Three heat production systems are studied: district heating, combustion of bio fuel and heating pumps. The two last mentioned are complemented with combustion of natural gas when the heat demand is greater. Depending on judgement grounds and conditions the most suitable heat production system for Västra Eriksberg varies. The most cost efficient alternative is a bio fuel system and a system with heat pumps is the most expensive solution. A heat pump system is always the best alternative for the local environment whereas a bio fuel system is the worst. Depending on how the electricity to the heat pumps is produced this system either has the smallest or the largest overall environmental impact. District heating can be considered as an average alternative, considering both environmental impact and costs.

---

Keywords

Heat production, low energy buildings, environmental impact, costs, the ByggaBoDialog

Number of pages	Language	ISRN
96	Swedish, English abstract and summary	LUTFD2/TFEM--05/5011--SE + (1-96)

## Förord

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av det kommunala utvecklingsföretaget Norra Älvstranden Utveckling AB i Göteborg. Kontaktperson och handledare på företaget har varit projektledare Staffan Bolminger medan den akademiska handledningen skett av forskningsassistent Per Svenningsson på Institutionen för Teknik och Samhälle vid Lunds Tekniska Högskola.

De inledande stegen i arbetet togs när författarna träffade Staffan Bolminger och tre Chalmersstudenter i Göteborg våren 2005. De tre byggingenjörerna utförde under våren kostnadsberäkningar som utgör ingående data i denna rapport.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Per Svenningsson och Staffan Bolminger, vars engagemang och stöd varit till stor hjälp i vårt arbete. Dessutom vill vi tacka alla personer som vi haft personlig kontakt med i samband med vår informationsinsamling, för deras välvilliga inställning och tålamod.

Anders Danielsson



Ronnie Hollsten



# Sammanfattning

Denna rapport är gjord på uppdrag av Norra Älvstranden Utveckling AB, som bland annat har till uppdrag att verka för en hållbar utveckling av området Norra Älvstranden i Göteborg. Företagets arbete sker bland annat genom medverkan i ByggaBoDialogen, som är ett samarbete mellan Boverket, företag och kommuner.

Syftet med denna rapport är att, utifrån miljö och kostnader, hitta det mest lämpliga värmeproduktionssystemet för bostadsområdet Västra Eriksberg i Göteborg. Systemet ska uppfylla de åtagande Norra Älvstranden Utveckling AB har enligt ByggaBoDialogen. Det åtagande som berör denna rapport är att merparten av värmeförsörjningen år 2025 ska komma från förnybara källor. Rapporten syftar även till att studera skillnader i miljöpåverkan och kostnader mellan två hustyper. Västra Eriksberg kommer att innefatta 1 650 lägenheter och byggnation kommer att påbörjas under år 2006.

Metoden i arbetet har varit att inhämta kunskap och data genom litteraturstudier samt genom personliga kontakter med experter inom området. Utifrån dessa insamlade grunddata har beräkningar utförts för att kunna bedöma både miljöpåverkan och kostnader.

Då det gäller bedömning av miljöpåverkan fokuserar rapporten på fem miljöhot: växthuseffekten, försurning, övergödning, marknära ozon och partiklar. Dessa miljöhot får effekter på den lokala, regionala och globala miljösituationen. Göteborg har idag problem med samtliga dessa miljöhot. Utsläpp av kväveoxider och partiklar har störst betydelse för den lokala miljön i Göteborg.

De två hustyperna som studeras benämns som Standard- och Nollenergihus och skiljer sig åt på tre punkter: yttervägg, ventilations- och radiatorsystem. En följd av detta är att hustyperna har olika energibehov. Standardhus har ett värmebehov på 70 kWh/m<sup>2</sup>, år, och Nollenergihus har värmebehovet 30 kWh/m<sup>2</sup>, år. För Nollenergihus tillkommer dock 8,5 kWh/m<sup>2</sup>, år, i och med ett mer avancerat ventilationssystem. Uppförande av Nollenergihus framför Standardhus medför en ökad miljöbelastning under byggnationsfasen. Det är främst den ökade stålmängden i ventilationssystemet som bidrar till detta. Kostnadsskillnaden mellan hustyperna är vid byggnation marginell. Detta beror på att ökade kostnader för yttervägg och ventilationssystem i Nollenergihus vägs upp av att hustypen inte behöver något radiatorsystem.

Utgångspunkten för analysen av distributionssystem, som ska förse Västra Eriksberg med värme, är att området bebyggs med antingen Nollenergi- eller Standardhus. Skillnaden i kostnader och miljöpåverkan för de två olika distributionsnäten betraktas vara obetydlig.

Rapporten studerar fem olika värmeproduktionsalternativ: biobränsleförbränning, värmepumpar, gasförbränning, solvärme och fjärrvärme. Dessa alternativ ligger till grund för valet av tre systemlösningar för Västra Eriksberg: FJÄRRVÄRME, PELLETS/NG och VÄRMEPUMPAR/NG. I det första systemet täcker fjärrvärme hela värmeenergiebehovet. I de två nästkommande systemen täcks baslasten av pelletsförbränning respektive av värmepumpar medan naturgasförbränning täcker spetslasten. Spetslasten är det extra värmebehov som till exempel uppkommer under årets kallaste dagar. Rapportens val av systemlösningar för Västra Eriksberg kommer av Norra Älvstranden Utveckling AB:s önskan att utreda alternativ till fjärrvärme samt deras åtagande i och med ByggaBoDialogen. Det åtagande som denna studie främst berörs av är att produktion av värme och tappvarmvatten

huvudsakligen ska ske från förnybara bränslen år 2025. Solvärme och biogas är inga alternativ för Västra Eriksberg på grund av hög kostnadsnivå och brist på potential.

Resultatet i rapporten visar entydigt att Nollenergihus är den bästa byggnadslösningen för Västra Eriksberg oavsett värmeproduktionssystem, med härsyn tagen till både miljö och kostnader. Den miljöpåverkan som uppkommer vid byggnation av husen är mindre än den påverkan som sker vid värmeproduktion i driftfasen. Valet av värmeproduktionssystem är till skillnad från valet av hustyp väldigt villkorsstyrt.

FJÄRRVÄRME uppfyller idag inte Norra Älvstranden Utveckling AB:s åtagande enligt ByggaBoDialogen. Systemets bidrag till de studerade miljöhoten och dess kostnader gör det till ett medelalternativ. PELLETS/NG är den systemlösning som har lägst kostnader och uppfyller ByggaBoDialogens krav. Detta värmeproduktionssystem bidrar minst till växthuseffekten, men mest till de övriga miljöhoten. VÄRMEPUMPAR/NG har generellt de högsta kostnaderna men medför lägst lokal miljöpåverkan i Göteborg. Beroende på hur elen producerats varierar systemets totala bidrag till miljöhoten. Med svenskproducerad el har systemet generellt sett lägst total miljöpåverkan. VÄRMEPUMPAR/NG kan även anses uppfylla åtagandet enligt ByggaBoDialogen beroende på vilka systemgränser man antar. Valet av det mest lämpliga värmeproduktionssystemet för Västra Eriksberg varierar således beroende på vilka bedömningsgrunder man anser viktigast.



## Summary

This report is made on request from Norra Älvstranden Utveckling AB, which is a company that among other things has the sustainable development of the area Norra Älvstranden in Gothenburg as an assignment. A way for Norra Älvstranden Utveckling AB to accomplish this commission is their participation in the ByggaBoDialog, which is a cooperation between the government, companies and municipalities.

The aim of this report is to find the most suitable heat production system, considering both environmental impact and costs for the housing area Västra Eriksberg in Gothenburg. The system must fulfil the obligations of Norra Älvstranden Utveckling AB according to the ByggaBoDialog. The one obligation that is of importance for this report is that most of the energy supply should come from renewable energy resources by the year of 2025. The report also aims to investigate the difference in environmental impact and costs between two residential building types. Västra Eriksberg will consist of 1 650 apartments and construction of the area will begin during year 2006.

The method used in the report has been getting data and expert knowledge from literature and from personal contacts with specialists within this field. On the basis of these data calculations have been performed to enable an estimation of environmental impact and costs.

Estimation of environmental impact is made on the basis of five environmental threats: the green house effect, acidification, eutrofication, ground-level ozone and particles. These five environmental threats affect the environment on the local, regional and global scale. Today Gothenburg has problems with all these environmental threats. The local environment in the city of Gothenburg is mostly affected by emissions of nitrogen oxides and particles.

The two residential building types are called Standardhus and Nollenergihus and differ from each other in three aspects: house wall, ventilation system and radiator system. A consequence of these disparities is that the house types have different energy demands. Standardhus has a heat demand of 70 kWh/m<sup>2</sup>, year, and Nollenergihus a demand of 30 kWh/m<sup>2</sup>, year. Nollenergihus has a more advanced ventilation system and therefore, it demands 8,5 kWh/m<sup>2</sup>, year, more than Standardhus. Building Nollenergihus instead of Standardhus implies a greater environmental impact during the construction phase. This fact has to do with the bigger quantities of steel in the ventilation system. The difference in construction cost for the house types is insignificant. The reason for this is that the higher cost for walls and ventilation system in Nollenergihus is balanced by the lack of radiator system in the house type.

The starting point for the analysis of heat distribution system in Västra Eriksberg is that either Nollenergihus or Standardhus are built in the area. The difference in costs and environmental impact for the two distribution systems is regarded as insignificant.

The report investigates five different heat production alternatives: combustion of bio fuels, heating pumps, combustion of gas, solar heating and district heating. These alternatives are the base for the selection of three heat system solutions for Västra Eriksberg: DISTRICT HEATING, BIO FUEL/NG and HEATING PUMPS/NG. The first system covers the whole energy demand with district heating. The two other systems cover the ground demand by combustion of bio fuels and heating pumps. Combustion of natural gas covers the extra energy demand that for example can arise during the coldest days of the year.

The three system solutions for the housing area have been chosen as Norra Älvstranden Utveckling AB wishes to find alternatives to district heating and as they have an obligation according to the ByggaBoDialog. Solar heating and biogas are not seen as alternatives due to low potential and high costs.

The results in the study unambiguously show that Nollenergihus is the best solution for the housing area Västra Eriksberg, regardless of the heat production system. This result is the same when both costs and environmental impact are considered. The environmental impact from the construction phase is smaller than the impact from heat production during the operation phase. The choice of heat production system is much more complex than the choice of house type, and it depends on different conditions.

DISTRICT HEATING does not fulfil the obligation of the ByggaBoDialog. The system's contribution to the environmental threats studied in this report and its costs makes it an average alternative. BIO FUEL/NG has the lowest costs and fulfils the undertaking of the ByggaBoDialog. The system also has the lowest contribution to the green house effect, but the highest contribution to the other threats. HEATING PUMPS/NG is generally the most expensive alternative, but it has the smallest impact on the local environment in Gothenburg. Depending on how the electricity to the heating pumps is produced the different systems' total contribution to the environmental threats varies. If the electricity is being produced in Sweden the system in general has the lowest total environmental impact. HEATING PUMPS/NG can also be considered to fulfil the undertaking according to the ByggaBoDialog, depending on how the system borders are made. Thus, the choice of the most suitable heat production system varies depending on which assessment ground is considered to be of most importance.

# Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte och problemformulering .....	1
1.3 Metod .....	2
1.4 Avgränsningar .....	2
1.5 Rapportens disposition.....	3
2 Västra Eriksberg.....	5
3 Miljöhot .....	7
3.1 Växthuseffekten .....	7
3.2 Förurning .....	8
3.3 Övergödning.....	8
3.4 Marknära ozon.....	9
3.5 Partiklar .....	9
4 Miljösituationen i Göteborg.....	10
4.1 Miljö kvalitetsnormer .....	10
4.2 Miljö kvalitetsmål .....	11
4.2.1 Begränsad klimatpåverkan.....	11
4.2.2 Frisk luft .....	11
4.2.3 Bara naturlig förurning .....	12
4.2.4 Ingen övergödning.....	12
4.3 Sammanfattade miljö situationsbedömning .....	12
5 Byggnaderna .....	13
5.1 Ytterväggarnas uppbyggnad.....	13
5.2 Ventilationssystem .....	14
5.3 Energi- och effektbehov.....	14
5.4 Miljö påverkan .....	15
5.5 Kostnader .....	17
6 Distributionssystem.....	18
6.1 Fjärrvärme .....	18
6.2 Närvärme .....	18
6.3 Miljö påverkan .....	18
6.4 Kostnader .....	19
7 Möjliga värme produktionsalternativ .....	20
7.1 Biobränsle .....	20
7.1.1 Allmän beskrivning .....	20
7.1.2 Miljö påverkan .....	20
7.2 Värmepumpar .....	21
7.2.1 Allmän beskrivning .....	21
7.2.2 Miljö påverkan .....	22
7.3 Natur- och biogas .....	22
7.3.1 Allmän beskrivning .....	22
7.3.2 Miljö påverkan .....	23
7.4 Solvärme .....	24
7.4.1 Allmän beskrivning .....	24
7.4.2 Miljö påverkan .....	24
8 Värme produktionsalternativ – luftemissioner .....	25

9 Värmeproduktionsalternativ – kostnader .....	27
9.1 Biobränsle .....	27
9.2 Värmepumpar .....	28
9.3 Gas .....	30
9.4 Solvärme .....	31
9.5 Fjärrvärme .....	31
10 Systemlösningar för Västra Eriksberg.....	33
10.1 Byggnader .....	33
10.2 Distributionssystem.....	35
10.3 Värmeproduktionssystem.....	36
10.3.1 Miljö .....	37
10.3.2 Totalkostnader och deras känslighet .....	43
11 Diskussion.....	45
12 Slutsatser .....	48
13 Referenser.....	49
Bilaga 1 – Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus	
Bilaga 2 – Effektberäkningar för Västra Eriksberg beroende av sammanlagringseffekter för tappvarmvatten	
Bilaga 3 – Luftemissioner för värmeproduktionssystem	
Bilaga 4 – Kostnader	
Bilaga 5 – Återbetalningstid	
Bilaga 6 – Systemlösningar och dess bidrag till miljöhoten	

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Västra Eriksberg är ett gammalt varvsområde i Göteborg, där Norra Älvstranden Utveckling AB planerar att uppföra ett nytt bostadsområde. N:a Älvstranden Utveckling är ett fastighetsföretag, ägt av Göteborgs Stad, vars uppdrag bland annat är att leda utvecklingsarbetet av området Norra Älvstranden. Företaget har högt ställda krav när det gäller miljö och kvalitet i deras verksamhet. Västra Eriksberg planeras innefatta 127 500 m<sup>2</sup> bostadsyta, fördelade på cirka 1 650 lägenheter.

N:a Älvstranden Utveckling är med i ByggaBoDialogen<sup>1</sup> som arbetar för en hållbar utveckling inom bygg- och fastighetssektorn i Sverige. ByggaBoDialogen vill bland annat visa på att det går att kombinera ett långsiktigt miljömässigt perspektiv med ekonomisk lönsamhet. Utifrån resultat från tidigare byggnadsspecifika projekt<sup>2</sup> vill N:a Älvstranden Utveckling nu lyfta studien från enskilda byggnader till hela Västra Eriksberg, och då ta både kostnader och miljökonsekvenser i beaktande.

Våren 1999 fastställdes femton nationella miljö kvalitetsmål av Sveriges riksdag. Dessa femton mål ska ligga till grund för Sveriges arbete mot ett miljömässigt hållbart samhälle<sup>3</sup>. Dagens energianvändning medför stor miljöpåverkan vilket innebär att en omställning av energisystemet, mot ett allt större inslag av förnybar energi, kommer vara en mycket viktig parameter för att uppnå Sveriges miljömål.

Idag svarar bostads- och servicesektorn för 39 procent av Sveriges totala energianvändning. Uppvärmning och tappvarmvatten står för drygt 60 procent av denna andel.<sup>4</sup> Ett av målen i ByggaBoDialogen innebär att energianvändningen inom bostadssektorn ska minska och senast år 2015 ska mer än 50 procent av energiproduktionen komma från förnybara energikällor. Senast år 2025 ska värme- och tappvarmvattengenerering främst ske utifrån förnybara bränslen.<sup>5</sup>

## 1.2 Syfte och problemformulering

Syftet med detta examensarbete är att studera skillnaden mellan två byggnadstyper som är aktuella för Västra Eriksberg, samt att hitta ett långsiktigt hållbart värmeproduktionsystem för bostadsområdet, som lever upp till de frivilliga åtaganden N:a Älvstranden Utveckling har enligt ByggaBoDialogen. Detta ska ske med hänsyn tagen till både miljöpåverkan och kostnader.

För att finna ett lämpligt uppvärmningssystem för Västra Eriksberg med hänsyn tagen till både miljö och ekonomi måste ett antal frågor beaktas. När det gäller byggnaderna är det skillnaden i kostnad och miljöpåverkan som är det intressanta.

---

<sup>1</sup> Boverket 2004

<sup>2</sup> Andersson et. al. 2005

<sup>3</sup> Miljömålsrådet 2005

<sup>4</sup> Statens Energimyndighet (a) 2004

<sup>5</sup> Ibid.

Hur påverkas miljön och kostnaderna om man väljer att bygga ett mer välisolerat hus, med ett mer avancerat ventilationssystem och utan radiatorsystem, jämfört med ett mindre välisolerat hus, med ett enklare ventilationssystem och med radiatorsystem?

Hur ser relationen mellan byggnation och drift av ett flerbostadshus ut? Lönar det sig att bygga mer välisolerade hus sett ur både ett ekonomiskt och ett miljömässigt perspektiv?

Kan värmeproduktionssystemen leva upp till de åtagande N:a Älvstranden Utveckling har enligt ByggaBoDialogen och samtidigt vara ekonomiskt genomförbara?

Då det studerade området ligger i Göteborg ställs de luftemissioner som är kopplade till värmeproduktion för Västra Eriksberg i relation till miljösituationen i staden och regionen. Hur mycket bidrar systemen till miljöhoten?

### 1.3 Metod

Utgångspunkterna för denna rapport är två byggnadstyper, som en tidigare studie<sup>6</sup> av Västra Eriksberg tagit fram, samt N:a Älvstranden Utvecklings önskan att studera alternativ till fjärrvärme för uppvärmning.

Kunskap har inhämtats från litteratur, fackmän, forskare och myndigheter och sedan applicerats på rapportens specifika syfte. I och med att alla av de studerade värmeproduktionsalternativen är under kontinuerlig utveckling har det ställts höga krav på aktualiteten hos det inhämtade materialet. Validiteten i det insamlade materialet har inte granskats i någon övergripande marknadsundersökning utan författarna har förlitat sig på de experter som tillfrågats.

Egna beräkningar har utförts för att bedöma både byggnadsmaterialens och värmeproduktions systemens miljöpåverkan. Utgångspunkten för dessa beräkningar har varit emissionsdata från tidigare gjorda undersökningar.

De olika värmeproduktionssystemens kostnader har inhämtats och därefter beräknats per producerad kWh<sub>värme</sub>, med hjälp av annuitetsmetoden. Husens byggnationskostnader baseras på den tidigare studien av Västra Eriksberg.

Att ta hänsyn till alla aspekter, både när det gäller miljöpåverkan och ekonomi, har ansetts alltför komplext varför kraftiga avgränsningar har behövt göras.

### 1.4 Avgränsningar

Då uppvärmning och tappvarmvatten står för merparten av energianvändningen inom bostads- och servicesektorn kommer denna studie av lämpligt energisystem att avgränsas till att enbart gälla värmeproduktion.

Rapporten tar hänsyn till varierad byggteknik för de hus som ska försörjas med värme och tappvarmvatten. Resultat från tidigare examensarbete visar att variation av vägg tjocklek och ventilationssystem är två viktiga parametrar för energibehovet<sup>7</sup>. Utifrån dessa resultat avgränsas rapporten till två hustyper, där skillnaden mellan dem studeras. Motiven till denna

---

<sup>6</sup> Andersson et. al. 2005

<sup>7</sup> Ibid.

avgränsning är att förenkla informationsinsamlingen samt att rapporten ska kunna visa på tydliga skillnader mellan olika huskonstruktioner, både när det gäller miljö och kostnader. Med anledning av ovanstående resonemang är det endast de materialparametrar som skiljer husen åt som undersökts när det gäller miljöpåverkan. Vidare fokuserar rapporten på värmeproduktion, varför miljöstudien av husen inte ska ses som heltäckande utan bara sätta husens material i relation till värmeproduktion. Beräkningar utgår från att en och samma hustyp byggs över hela området.

De värmeproduktionsalternativ som rapporten tar upp utgår från att värmen produceras centralt och sedan distribueras ut i området. Värmeproduktionsalternativen är: bibränsleförbränning, värmepumpar, solvärme, gasförbränning och fjärrvärme. Valet av produktionsalternativ grundar sig på dagens tillgängliga teknik samt de åtagande N:a Älvstranden Utveckling har enligt ByggaBoDialogen. Naturgas ses i denna rapport i huvudsak som ett bränsle som ska täcka spetslaster och stå för reservproduktion. Andra fossila bränslen förekommer i rapporten som jämförelse men också då de ingår i fjärrvärme- och elproduktion. Biogasens möjligheter utreds inte ingående utan behandlas främst i den avslutande diskussionen.

När det gäller beskrivningen av de olika värmeproduktionsalternativens miljöeffekter syftar rapporten till att ha ett förenklat ”vaggan till graven” perspektiv där tonvikt läggs vid kvantifierbara luftemissioner.

De miljöhot som studeras är växthuseffekten, försurning, övergödning, marknära ozon och partiklar.

## 1.5 Rapportens disposition

De tre närmast kommande kapitlen syftar till att ge läsaren en introduktion och beskrivning av de förutsättningar som råder för Västra Eriksberg och Göteborg. Kapitel 2 ger en övergripande beskrivning av området Västra Eriksberg. Här ges dels lite historik, men också områdets förutsättningar och specifika data. I kapitel 3 redogörs för de olika miljöhot som rapporten fokuserar på. Detta avsnitt är främst avsett att ge en beskrivning av miljöhoten för den oinvidige läsaren. Eftersom rapportens fokus ligger på att undersöka möjligheterna för ett område i Göteborg, ges i kapitel 4 en sammanfattande bild av miljösituationen i Göteborg. Beskrivningen görs genom en jämförelse mellan dagens situation och uppsatta nationella och regionala riktlinjer.

I de två nästkommande kapitlen beskrivs först byggnaderna som ska använda sig av den genererade värmen och sedan de olika distributionssystem som kan förse byggnaderna med denna energi. Varje kapitel tar upp både miljöpåverkan och kostnader. I kapitel 5 förklaras skillnaderna mellan de två studerade hustyperna. Rapporten utgår från skillnader i materialåtgång och energibehov för att utifrån dessa data bestämma skillnaden mellan husen när det gäller både miljöpåverkan och kostnader. Två olika typer av distributionsätt beskrivs i kapitel 6. Distributionsalternativen skiljer sig åt genom att värmeproduktionen sker på olika avstånd från slutförbrukarna i byggnaderna och genom att energibehovet i området varierar beroende på vilken hustyp som byggs.

I kapitel 7 ges en generell bild av olika värmeproduktionsalternativ för Västra Eriksberg. Kapitlet syftar främst till att ge läsaren en allmän och övergripande beskrivning, men också ta upp kvalitativa faktorer när det gäller främst miljö. Kapitel 8 och 9 tar därefter upp mer

specifika miljö- och ekonomidata som är kopplade till de värmeproduktionsalternativ som är aktuella för Västra Eriksberg.

Kapitel 10 presenterar en miljömässig och ekonomisk analys av olika systemlösningar för Västra Eriksberg utifrån de data som redovisats i tidigare kapitel. Beräkningarna utgår från ett basfall med låsta parametrar. De två olika byggnadstyperna ställs i relation till valet av värmeproduktionsalternativ, och värmeproduktionssystemen bedöms därefter separat med avseende på hur de förhåller sig till de olika miljöhot som rapporten fokuserar på. Systemen analyseras även utifrån hur känsliga de är för framtida kostnadsförändringar.

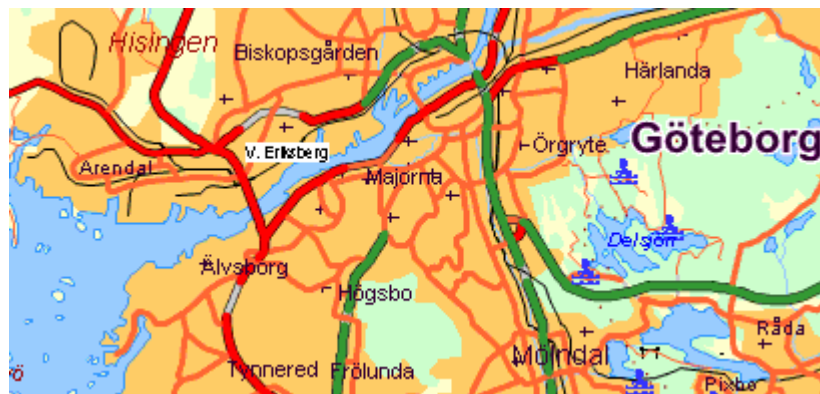
Slutligen diskuteras de framtagna resultaten i kapitel 11. Slutsatser dras och dessutom ges tips och idéer för fortsatta studier. Sammanfattade slutsatser ges i kapitel 12.



## 2 Västra Eriksberg

Västra Eriksberg är ett gammalt varvsområde, där N:a Älvstranden Utveckling planerar för ett nytt bostadsområde, beläget strax öster om Älvsborgsbron på Göta älvs norra sida. Se Figur 1.

Visionen för Västra Eriksberg är att området ska bli en levande stadsdel rik på kultur och service. Det värnas om grönområden och att miljön runt vattnet ska tas tillvara för att skapa mötesplatser och rekreativomöjligheter. I visionen ingår också att man ska ta ett samhällsansvar och förbättra hus-hållningen med energi- och naturresurser.<sup>8</sup>



**Figur 1** Översiktsskarta över Göteborg. Västra Eriksberg är det vitmarkerade området. (Gula sidorna)

N:a Älvstranden Utveckling är med i ByggaBoDialogen som är ett samarbete mellan olika företag, kommuner och regering, som syftar till att få en hållbar utveckling inom bygg- och fastighetssektorn, med hänsyn tagen till sociala, ekonomiska och ekologiska intressen. ByggaBoDialogen bygger på att frivilliga överenskommelser skapas och konkretiseras. För Västra Eriksberg innebär N:a Älvstranden Utvecklings åtagande enligt ByggaBoDialogen att energin till uppvärmning och tappvarmvatten, senast år 2025, i huvudsak ska komma från förnybara källor.<sup>9</sup>

Det undersökta området i Västra Eriksberg omfattar delområdena Dockan, Backen, Utsikten och Platån, se Figur 2. Byggnation beräknas påbörjas under år 2006<sup>10</sup>. I Dockan, Backen och Utsikten kommer höghus, med varierande höjd och utseende, att byggas. Uppe på Platån kommer det att byggas lägre hus av radhusmodell.<sup>11</sup> De totala areorna, antalet hus och kvarter redovisas i Tabell 1.



**Figur 2** I områdena Dockan och Utsikten kommer höghus att byggas parvis och med varierande höjd. I Backen kommer tre höghus att byggas. Uppe på Platån kommer nio kvarter utformade som radhus att uppföras. Det stora parkområdet kommer att ge människorna i området en möjlighet till rekreation. (Stadsbyggnadskontoret i Göteborg 2005)

<sup>8</sup> Stadsbyggnadskontoret i Göteborg 2004

<sup>9</sup> Johansson et. al 2000

<sup>10</sup> Bolminger 2005

<sup>11</sup> Stadsbyggnadskontoret i Göteborg 2005

**Tabell 1** Antal hus och kvarter samt relevanta areor för delområden i Västra Eriksberg.<sup>13</sup>

Delområde	Antal hus	Antal kvarter	Bruttoarea <sup>a</sup> , m <sup>2</sup> BTA	Bruksarea <sup>b 12</sup> , m <sup>2</sup> BRA	Markareal, m <sup>2</sup>
Dockan	18	9	73 900	55 400	35 600
Backen	3	-	11 650	8 700	6 800
Utsikten	10	5	29 500	22 100	12 600
Platån	-	9	54 500	40 900	53 400

<sup>a</sup> ”Area av mätvärda delar av ett våningsplan, begränsad av omslutande byggnadsdelars utsida.”<sup>14</sup>

<sup>b</sup> ”Area av nyttjandeenhet eller annan grupp av sammanhörande mätvärda utrymmen, begränsad av omslutande byggnadsdelars insida.”<sup>15</sup>

---

<sup>12</sup> Bolminger 2005

<sup>13</sup> Stadsbyggnadskontoret i Göteborg 2005

<sup>14</sup> TNC 2000 s. 19

<sup>15</sup> TNC 2000 s. 18

## 3 Miljöhot

Värmeproduktion kan generera utsläpp av ett flertal olika föreningar till atmosfären. De olika föreningarnas uppehållstid i atmosfären varierar mellan allt ifrån en eller ett par dagar till flera år. Flertalet av ämnena faller till marken redan efter några dagar, men kan då ha transporterats flera tiotals mil från utsläppskällan. Beroende på ämnens skilda uppehållstider i atmosfären påverkar de miljön på olika geografiska plan; lokalt, regionalt och globalt. Vissa ämnen får konsekvenser på flera plan, medan andra endast påverkar miljön globalt.<sup>16</sup>

De miljöhot som denna rapport fokuserar på är växthuseffekten, försurning, marknära ozon, övergödning och partiklar. Växthuseffekten har en global miljöpåverkan, medan de övriga miljöhoten främst har en regional miljöpåverkan. Flera av ämnena som bidrar till de olika regionala miljöhoten kan också ha en mycket negativ inverkan på den lokala luftkvaliteten.<sup>17</sup>

### 3.1 Växthuseffekten

Växthuseffekten genereras av processer som är förenade med atmosfärens förmåga att absorbera och reflektera långvågig värmestrålning från jordytan. Växthuseffekten är nödvändig för livet på jorden samtidigt som den utgör ett miljöhot. Utan växthusgaserna i atmosfären skulle jordytans medeltemperatur vara omkring  $-18^{\circ}\text{C}$  och inte  $+15^{\circ}\text{C}$  som den är idag.

Förstärkt växthuseffekt leder till klimatförändringar. Den energi som strålar in till jorden i form av kortvågig solinstrålning ska vara lika stor som energin som strålar ut från jorden i form av värmestrålning om inte medeltemperaturen ska stiga. När växthusgasernas koncentration ökar, absorberas mer värmestrålning i atmosfären och mindre värmestrålning strålar ut i rymden, vilket ger klimatförändringar som följd.<sup>18</sup>

De naturligt förekommande växthusgaser som har störst betydelse för växthuseffekten är, i nämnd ordning, vattenånga, koldioxid, metan och dikväveoxid/lustgas. Den gas som anses vara av störst betydelse för den förstärkta växthuseffekten är koldioxid orsakad av mänskliga aktiviteter.<sup>19</sup>

För att bedöma olika gasers effekt på växthuseffekten används en faktor, Global Warming Potential, GWP. Denna faktor relaterar en utsläppsmängd av en viss gas till vad motsvarande mängd koldioxid skulle ha för påverkan på växthuseffekten.<sup>20</sup>

Växthuseffekten beräknas i denna rapport som ton koldioxidekvivalenter. De ämnen som är relevanta för denna uppsats är koldioxid, metan och dikväveoxid/lustgas.<sup>21</sup>

---

<sup>16</sup> Jacob 1999

<sup>17</sup> UNDP/UNDESA/WEC/ed. Goldemberg 2000

<sup>18</sup> Swietlicki (a) 2005

<sup>19</sup> Ibid

<sup>20</sup> Jacob 1999

<sup>21</sup> Svenska Miljöstyrningsrådet 2000

## 3.2 Försurning

I Sverige utsätts idag både mark och vatten för försurning, främst orsakad av mänsklig aktivitet<sup>22</sup>. Vid förbränning sker utsläpp av svavel- och kväveoxider till atmosfären, där de genomgår kemiska processer och bildar svavel- respektive salpetersyra. Då dessa syror kommer i kontakt med vatten bildas vätejoner som medför en ökad försurning.<sup>23</sup>

Konsekvenser av kontinuerlig försurning är urlakning av näringsämnen och anrikning av metaller i mark vilket kan innebära stora negativa konsekvenser för växt- och djurliv i både mark och vatten.<sup>24 25</sup>

Försurningspotentialen uttrycks i mol vätejoner. I beräkningen av potentialen tas hänsyn till olika ämnens förmåga att bilda vätejoner. Ämnen som tas upp i denna rapport är kväveoxider, svaveldioxid och ammoniak.<sup>26</sup>

## 3.3 Övergödning

Övergödning av ett område sker då tillförseln av näringsämnen, främst fosfor- och kväveföreningar, är större än upptaget från floran. Övergödning förekommer både i land- och vattenområden. De främsta orsakerna till övergödning är utsläpp av kväve och fosfor från jordbruk, avloppsrening och industri.<sup>27</sup> Från energisektorn är det främst kväveoxider som bidrar till övergödning, vilka i huvudsak bildas vid höga förbränningstemperaturer.<sup>28</sup>

Konsekvenserna av övergödning i ett område kan bli att enstaka växter eller organismer får en konkurrensfördel gentemot andra arter och att växten eller organismen blir helt dominerande i området. Ett exempel som belyser detta är den ökade tillväxten av plankton i övergödda sjöar. Planktontillväxten kan leda till algblomning, som ger upphov till dålig lukt och smak och, i vissa fall, förgiftat vatten. En än värre konsekvens av den ökade förekomsten av plankton är att syrehalten i det drabbade området reduceras, vilket i sin tur kan leda till döda havs- och sjöbottnar.<sup>29</sup> På land blir konsekvenserna främst minskad artrikedom bland flora och fauna<sup>30</sup>.

Övergödningspotentialen uttrycks i kg syrgasekvivalenter och beräknas i denna rapport utifrån utsläpp av kväveoxider och ammoniak.<sup>31</sup>

---

<sup>22</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>23</sup> Jacob 1999

<sup>24</sup> Nilsson 1999

<sup>25</sup> Smith et. al. 2000

<sup>26</sup> Svenska Miljöstyrningsrådet 2000

<sup>27</sup> Brönmark et. al. 1998

<sup>28</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>29</sup> Smith et. al. 2000

<sup>30</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>31</sup> Svenska Miljöstyrningsrådet 2000

### 3.4 Marknära ozon

Marknära ozon är nödvändigt för att producera hydroxylradikaler som ingår i viktiga kemiska reaktioner i atmosfären. I för höga halter kan dock marknära ozon få konsekvenser för människor, växter och material.<sup>32</sup> Effekter på människor kan vara irritation i luftvägar och ögon. Hos växter kan effekterna innebära förstörda klyvöppningar och cellmembran medan konsekvenserna för material är nedbrytning av gummi och plaster.<sup>33</sup>

Bildningen av marknära ozon är en komplex process som sker i flera steg där förekomst av kolväten och fria syreatomer är två grundläggande förutsättningar. Syreatomerna i troposfären kommer av fotolys av kvävedioxid.<sup>34</sup>

Potentialen för bildandet av marknära ozon, POCP<sup>35</sup>, uttrycks som kg etenekvivalenter och beräknas i rapporten utifrån utsläpp av flyktiga organiska kolväten och kolmonoxid. Metans påverkan är, i förhållande till de andra kolvätena, försumbar och utelämnas därför i beräkningarna. Flyktiga organiska kolväten exklusive metan betecknas i fortsättningen som NMVOC.<sup>36</sup>

### 3.5 Partiklar

Partiklar kan bildas på flera olika sätt. Små partiklar, i storleksordningen mikrometer<sup>37</sup>, genereras vid förbränning av olika typer av bränslen.<sup>38</sup> Förbränning av gasformiga bränslen ger upphov till mindre partikelutsläpp än förbränning av fasta bränslen<sup>39</sup>. Partiklar bildas också då gasformiga ämnen, som emitterats från förbränning, genomgår kemiska reaktioner i atmosfären<sup>40</sup>.

Partiklar kan ha en stor negativ inverkan på människors och djurs hälsa. Små partiklar kan, efter inandning, orsaka luftrelaterade sjukdomar och genetiska skador.<sup>41</sup> Dessutom kan de minska ljusinstrålningen till markytan och bidra till ökad molnbildning.<sup>42</sup>

Partikelutsläppen i rapporten redovisas i kg.

---

<sup>32</sup> Jacob 1999

<sup>33</sup> Swietlicki (b) 2005

<sup>34</sup> Ibid.

<sup>35</sup> Photochemical Ozone Creation Potentials

<sup>36</sup> Ibid.

<sup>37</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>38</sup> Wahlström 2001

<sup>39</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>40</sup> Wahlström 2001

<sup>41</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>42</sup> Jacob 1999

## 4 Miljösituationen i Göteborg

I detta avsnitt beskrivs situationen i Göteborg med syfte att ge en övergripande bild av de miljöproblem som kan relateras till luftemissioner.

Sjöfarten i Göteborg står för de största utsläppen av svaveldioxid, kväveoxider och partiklar. Utsläppen av flyktiga organiska kolväten och koldioxid kommer främst från industrisektorn, där raffinaderierna är den största källan.<sup>43</sup>

För att bedöma miljösituationen i Göteborg jämförs dagens emissioner med regionala miljökvalitetsmål och miljökvalitetsnormer. De normer och miljömål som tas upp är de som anses vara relevanta för energisektorn och de aktuella miljöhoten.

### 4.1 Miljökvalitetsnormer

Miljökvalitetsnormer är föreskrifter som ska säkerställa att en lägsta godtagbar miljö kvalitet upprätthålls. Normerna anger de halter av vissa ämnen som människor eller naturen kan utsättas för utan att få bestående skador och fungerar som hjälpmedel för att uppnå de nationella miljö kvalitetsmålen<sup>44</sup>. Halterna kan gälla en speciell tidpunkt eller ange ett genomsnitt över en viss tid.<sup>45</sup> De miljö kvalitetsnormer som finns idag ställer krav på luft- och vattenkvalitet samt bullernivåer<sup>46</sup>. De luftföroreningar som det finns normer för, i utomhusluft, är: kvävedioxid, svaveldioxid, bly, partiklar, bensen och kolmonoxid<sup>47</sup>. I Tabell 2 ges miljö kvalitetsnormen för svaveldioxid, och dess gränsvärden, som ett exempel.

**Tabell 2** Miljö kvalitetsnorm för svaveldioxid i tätort.<sup>48</sup>

Ämne	Gränsvärde, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Medelvärdes-Period	Får överstigas högst	Senast år
Svaveldioxid	200	1 timme	175 timmar/år	1999
	100	1 dygn	7 dygn/år	1999
	50	1 år	Får ej överskridas	1999
	50	1 vinterhalvår	Får ej överskridas	1999

Överlag överstigs inte någon av miljö kvalitetsnormerna i Göteborg. Dock finns det särskilt utsatta områden där normen för partiklar och kvävedioxid riskerar att överstigas eller har överstigits under år 2004. Det är främst områden kring hårt trafikerade gator som ligger i riskzonen.<sup>49</sup>

<sup>43</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>44</sup> Sabelström 2005

<sup>45</sup> Miljöbalken 3 kap. 2 §

<sup>46</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>47</sup> Miljödepartementet 2001

<sup>48</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>49</sup> Ibid.

## 4.2 Miljökvalitetsmål

År 1999 införde Sveriges riksdag 15 miljökvalitetsmål för Sverige vars syfte är att ”lämna över ett samhälle till nästa generation där de största miljöproblemen är lösta”<sup>50</sup>. Alla miljömålen ska vara uppfyllda till år 2020 förutom målet om *Begränsad klimatpåverkan*, som ska vara uppnått år 2050. Det finns även delmål och strategier som är formulerade för att man lättare ska nå de uppsatta målen.

Förutom de nationella målen finns lokala och regionala mål. Dessa är formulerade av länsstyrelser och kommuner och baseras på de nationella miljökvalitetsmålen. Länsstyrelsen och Skogsvårdsstyrelsen i Västra Götaland har formulerat regionala miljökvalitetsmål, men några lokala miljömål för Göteborg existerar inte i dagsläget.<sup>51</sup>

De tre miljökvalitetsmål som författarna bedömer vara av störst intresse för denna rapport är: *Begränsad klimatpåverkan*, *Frisk luft* och *Ingen övergödning*. Nedan redogörs det för hur Göteborg lever upp till de uppsatta regionala målen.

### 4.2.1 Begränsad klimatpåverkan

”Halten av växthusgaser i atmosfären skall i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet skall uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras. Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att det globala målet kan uppnås.”<sup>52</sup>

Utsläppen av koldioxidekvivalenter i Göteborg ligger idag på ungefär samma nivå som de gjorde år 1990<sup>53</sup>. Det uppsatta delmålet är att utsläppsgenomsnittet under perioden år 2008-2012 ska vara minst fyra procent lägre än 1990 års nivå<sup>54</sup>. Det krävs stora åtgärder om det regionala delmålet ska kunna uppnås<sup>55</sup>.

### 4.2.2 Frisk luft

”Luften skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas.”<sup>56</sup>

Det finns fyra olika ämnen eller ämnesgrupper som har delmål relaterade till det övergripande nationella målet och de är: svaveldioxid, kvävedioxid, marknära ozon och flyktiga organiska kolväten. Delmålet för svaveldioxid gäller för år 2005 medan de andra delmålen är ställda för år 2010.<sup>57</sup>

Delmålet för svaveldioxidhalten uppnåddes i Göteborg år 2004. De andra ämnena hade däremot svårt att uppnå sina delmål. Halterna av kvävedioxid och marknära ozon överskreds

---

<sup>50</sup> Miljömålsrådet 2005 s. 2

<sup>51</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>52</sup> Miljömålsrådet 2005 s. 16

<sup>53</sup> Miljömålsrådet 2005

<sup>54</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>55</sup> Länsstyrelsen och Skogsvårdsstyrelsen i Västra Götalands län 2005

<sup>56</sup> Miljömålsrådet 2005 s. 20

<sup>57</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

vid ett flertal tillfällen under år 2004.<sup>58</sup> Eftersom Göteborg saknar lokala delmål är det svårt att bedöma utsläppen av flyktiga organiska kolväten, men det regionala delmålet anses inte kunna nås<sup>59</sup>.

#### 4.2.3 Bara naturlig försurning

”De försurande effekterna av nedfall och markanvändning skall underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen skall heller inte öka korrosionshastigheten i tekniskt material eller kulturföremål och byggnader.”<sup>60</sup>

Eftersom man idag kalkar de flesta sjöarna i Göteborgs kommun, 98 procent, på grund av försurning anses inte det uppsatta delmålet på högst 15 procent försurade sjöar och 20 procent försurade vattendrag år 2010 kunna uppnås.<sup>61 62</sup>

Svaveldioxid och kväveoxider är de största källorna till den fortlöpande försurningen i Göteborgsregionen<sup>63</sup>. Det råder viss tveksamhet om delmålet för år 2010 avseende svaveldioxidutsläpp kommer att kunna nås. För kväveoxider råder det emellertid ingen tvekan - delmålet för år 2010 ses som mycket svårnåbart<sup>64</sup>.

#### 4.2.4 Ingen övergödning

”Halterna av gödande ämnen i mark och vatten skall inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningarna för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten.”<sup>65</sup>

Idag sker kontinuerlig övergödning av flera land- och vattenområden i och kring Göteborg. De flesta vattendrag samt kustvatten och marina miljöer har för höga näringshalter. Dessutom överstigs den kritiska belastningsgränsen, då det gäller våtdeposition av kväve, för lågproduktiv skogsmark.<sup>66</sup> Som tidigare nämnts bidrar energisektorn till övergödning främst genom utsläpp av kväveoxider. Det regionala delmålet för kväveoxider är detsamma som för miljömålet *Frisk luft*, vilket överstegs under år 2004<sup>67</sup>.

### 4.3 Sammanfattade miljösituationsbedömning

En sammanfattning av resultaten visar att de ämnen som enskilt har störst negativ inverkan på den lokala miljösituationen i Göteborg är partiklar och kvävedioxid. Göteborg har problem med alla de miljöhot som berörs i rapporten.

---

<sup>58</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>59</sup> Länsstyrelsen och Skogsvårdstyrelsen i Västra Götalands län 2005

<sup>60</sup> Miljömålsrådet 2005 s. 24

<sup>61</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>62</sup> Länsstyrelsen och Skogsvårdstyrelsen i Västra Götalands län 2005

<sup>63</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>64</sup> Länsstyrelsen och Skogsvårdstyrelsen i Västra Götalands län 2005

<sup>65</sup> Miljömålsrådet 2005 s. 39

<sup>66</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

<sup>67</sup> Länsstyrelsen och Skogsvårdstyrelsen i Västra Götalands län 2005



## 5 Byggnaderna

År 2001 var energibehovet för uppvärmning och tappvarmvatten 140 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år för nybyggda flerbostadshus. ByggaBoDialogens mål för år 2005 är att detta energibehov högst ska vara 85 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år.<sup>68</sup>

I en tidigare studie, rörande Västra Eriksberg och byggnadernas energibehov, fastslogs att ett mer avancerat ventilationssystem har mycket större betydelse för en byggnads uppvärmningsbehov än en ökad isoleringsmängd i väggarna. Studiens resultat visar på en total energianvändning för uppvärmning och tappvarmvatten på cirka 70 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år för hus med F-system<sup>69</sup>. Motsvarande värde för hus med FTX-system<sup>70</sup> är cirka 35 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år. I båda systemen utgör tappvarmvatten cirka 30 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år.<sup>71</sup>

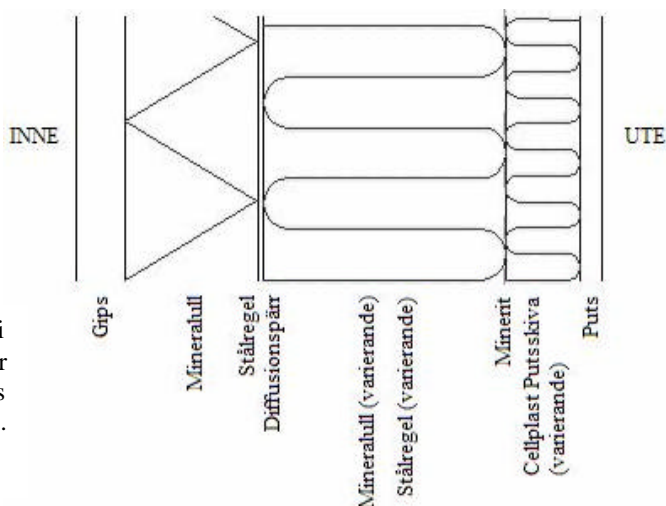
Utifrån ovanstående slutsatser och i samråd med N:a Älvstranden Utveckling undersöks två hustyper som skiljer sig åt när det gäller uppvärmningsbehov.

*Standardhus* är välisolerade hus med F-system. N:a Älvstranden Utveckling bygger redan idag hus enligt denna konstruktion. Energiförbehovet för tappvarmvatten och uppvärmning antas uppgå till 70 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år.

*Nollenergihus* är mycket välisolerade hus med FTX-system, som N:a Älvstranden Utveckling överväger att bygga i framtiden<sup>72</sup>. Energiförbehovet antas endast bestå av tappvarmvattenförsörjning på 30 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år.

### 5.1 Ytterväggarnas uppbyggnad

Det som varierar mellan de två husens ytterväggar är andelen mineralull som återfinns i stålregelverket, stålregelverkets bredd och cellplastskivans tjocklek. Den följande studien begränsas därför till att enbart studera dessa materialskikt för att påvisa skillnader i miljöpåverkan och kostnader. I Figur 3 framgår väggens principiella uppbyggnad och vilka materialskikt som varierar<sup>73</sup>.



**Figur 3** Den studerade ytterväggen i genomskärning. I figuren framgår vilka materialtjocklekar som varierar mellan Standard- och Nollenergihus. (Andersson et. al. 2005)

<sup>68</sup> Miljödepartementet 2000

<sup>69</sup> Frånluftstyrt ventilationssystem

<sup>70</sup> Från- och tilluftstyrt ventilationssystem med värmeåtervinning

<sup>71</sup> Andersson et. al. 2005

<sup>72</sup> Bolminger 2005

<sup>73</sup> Andersson et. al. 2005

För att klargöra hur ytterväggarna skiljer sig åt mellan hustyperna anges tjockleken av de olika materialskikten i Tabell 3. Det är viktigt att påpeka att när det gäller mineralull- och cellplastskikten betraktas de som solida, medan stålregelverket inte anses vara det. För närmare beräkningar av materialåtgång se Bilaga 1.

**Tabell 3** De olika väggarnas materialskillnad.<sup>74</sup>

Material	Standardhus, mm	Nollenergihus, mm
Mineralull, integrerad i stålregelverket	145	195
Stålregelverk	145	195
Cellplast Putsskiva	80	200

Skillnaden i vägg tjocklek mellan Standard- och Nollenergihus blir, utifrån Tabell 3, 170 mm.

## 5.2 Ventilationssystem

Denna parameter skiljer sig också mellan de två hustyperna. Standardhus har F-system medan Nollenergihus har FTX-system.

Ett F-system är en form av mekanisk ventilation där inomhusluft sugas ut med hjälp av en frånluftsfläkt. Det bildade undertrycket i byggnaden gör att ny luft kommer in genom uteluftventiler och springor i byggnaden. I ett FTX-system används fläktar för både från- och tilluft. Dessutom utnyttjas värmen i frånluften till att värma upp tilluften genom värmeväxling.<sup>75</sup> Ett FTX-system kräver 2,5 gånger så mycket driftel som ett F-system<sup>76</sup>. För Västra Eriksberg innebär det 8,5 kWh<sub>e</sub>/m<sup>2</sup> BRA, år<sup>77</sup>.

Den största skillnaden i materialåtgång mellan ett F- och ett FTX-system är att stålmängden i ventilationskanalerna för ett FTX-system är drygt två gånger så stor<sup>78</sup>.

## 5.3 Energi- och effektbehov

Standardhus har ett energibehov på 70 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år, varav tappvarmvatten utgör 30 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år. Nollenergihus antas endast ha behov av tappvarmvatten, 30 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år. Toppeffekten är 57 W/m<sup>2</sup> BRA för Standardhus och 35 W/m<sup>2</sup> BRA för Nollenergihus<sup>79</sup>. Toppeffekterna gäller för enskilda hus då inte sammanlagringseffekter är beaktade.

För större tappvarmvattensystem finns möjlighet till sammanlagringseffekter, detta då sannolikheten för en samtidig användning från alla boende är låg. Resultatet blir att det totala effektbehovet minskar.<sup>80 81 82</sup> För att ta hänsyn till sammanlagringseffekter beräknas först den sannolika tappvarmvattenförbrukningen och därefter toppeffekten utifrån detta flöde, se Bilaga 2. Resultatet, då hänsyn tagits till sammanlagringseffekterna, illustreras i Figur 4.

<sup>74</sup> Andersson et. al. 2005

<sup>75</sup> Zander 2005

<sup>76</sup> Svensson, B. 2005

<sup>77</sup> Ibid.

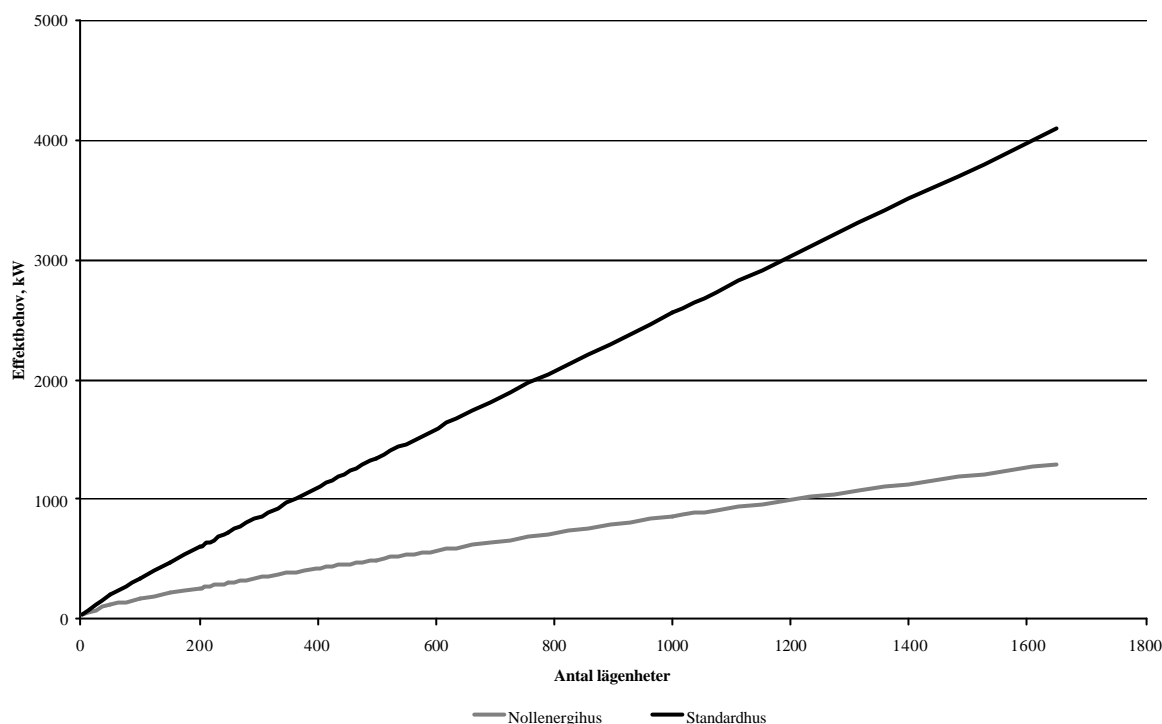
<sup>78</sup> Svensson, L. 2005

<sup>79</sup> Andersson et. al. 2005

<sup>80</sup> Warfvinge 2005

<sup>81</sup> Jensen 2005

<sup>82</sup> Svenska Fjärrvärmeföreningen 2001



**Figur 4** Effektbehov beroende av antalet lägenheter. Nollenergihus mindre effektbehov beror på att värmebehovet endast utgörs av tappvarmvatten. Att toppeffekten inte ökar linjärt med antalet kvadratmeter vid ett litet lägenhetsbestånd beror på en högre sannolikhet för att all förbrukning ska ske samtidigt.

För Västra Eriksberg, totalt 1 650 lägenheter, blir toppeffekten för tappvarmvatten, och därmed för Nollenergihus, 1 300 kW. För Standardhus, där hänsyn även tagits till uppvärmningsbehovet, blir toppeffekten 4 105 kW. Resultatet bygger på att allt tappvarmvatten produceras i en central anläggning för hela området.

## 5.4 Miljöpåverkan

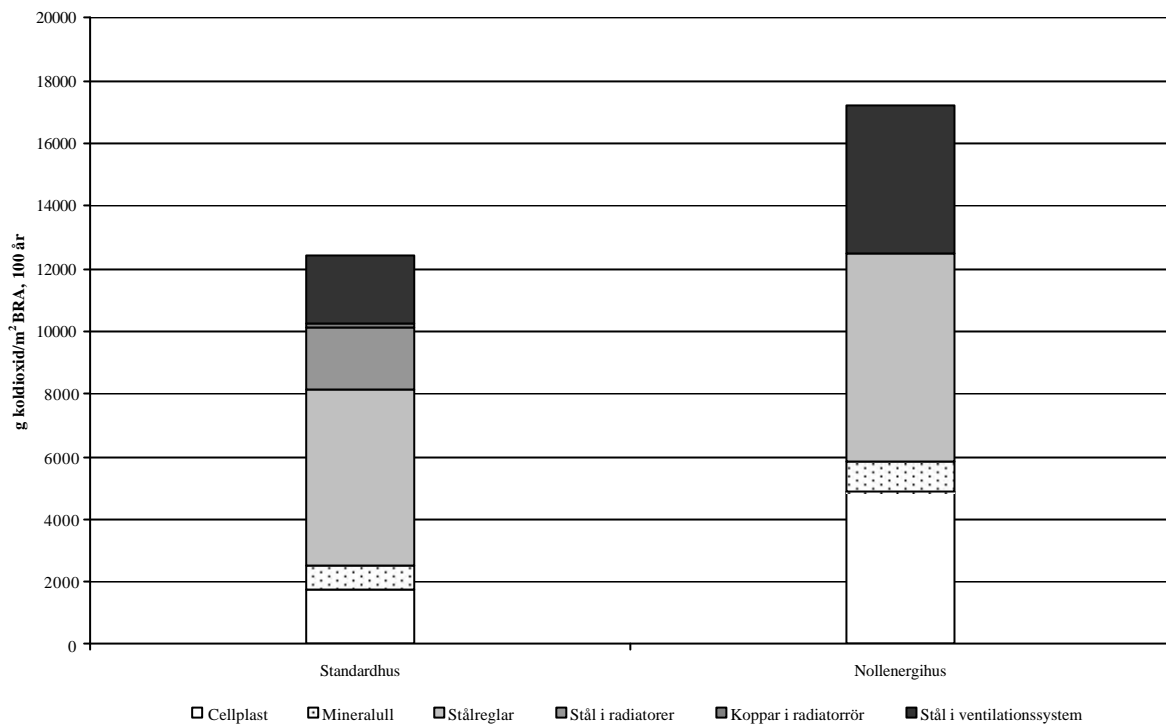
För bedömning av de material som skiljer sig mellan husen utgår rapporten från redan framtagna LCI-data<sup>83</sup>, utifrån vilka endast luftutsläpp undersöks eftersom en jämförelse ska göras med olika värmeproduktionsalternativ. Utifrån LCI-data beräknas den miljöpåverkan som skillnaden i huskonstruktion medför som utsläpp per m<sup>2</sup> BRA, se Bilaga 1.

De studerade materialen är mineralull, cellplast och kallvalsat stål. Det antas i rapporten vara samma typ av stål som ingår i väggar, radiatorer och ventilationssystem. Då den största miljöpåverkan sker vid produktion av kallvalsat stål är inte tillverkningen av slutprodukterna beaktad<sup>84</sup>. I Figur 5 och 6 redovisas resultaten av byggnadernas miljöpåverkan och hur de olika parametrarna bidrar.

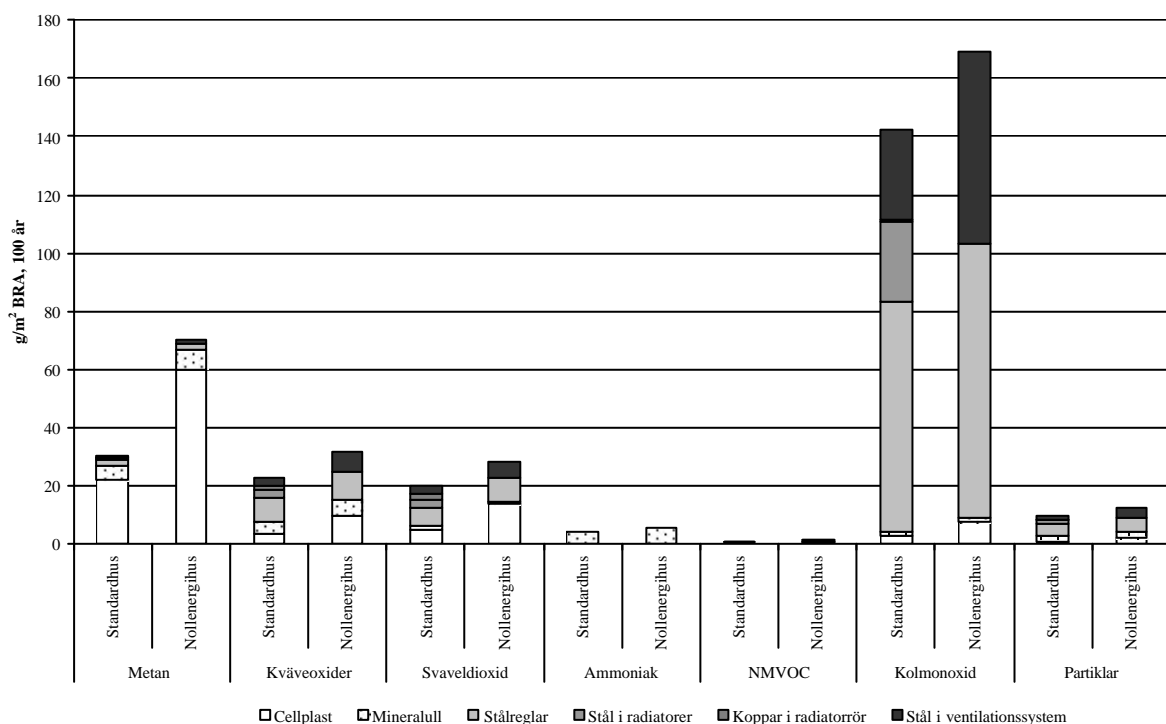
Som tidigare har nämnts innebär ett FTX-system ett ökat elbehov som indirekt leder till en ökad miljöpåverkan. Då ventilationssystemet är avgörande för Nollenergihus minskade värmebehov anses denna extra miljöpåverkan tillfalla värmeproduktionen och inte byggnaderna.

<sup>83</sup> Indata som ligger till grund för bedömning av en produkts totala miljöpåverkan under hela dess livscykel.

<sup>84</sup> Axelsson 2005



**Figur 5** Koldioxidemissioner som de studerade materialskikten ger upphov till för Standard- respektive Nollenergihus. Utsläppsmängden från koppar i radiatorssystemet är mycket liten varför detta bidrag knappt syns i diagrammet. Byggnaderna anses ha en livslängd på 100 år.



**Figur 6** Luftemissioner, förutom koldioxid, för de studerade materialskikten för Standard- respektive Nollenergihus. Byggnadernas livslängd anses vara 100 år. NMVOC står för flyktiga organiska kolväten exklusive metan.

Jämförelsen mellan de två hustyperna visade som väntat att Nollenergihus har en större miljöbelastning under byggfasen än vad Standardhus har. De ökade utsläppen i och med byggnation av Nollenergihus beror till största delen av de ökade mängderna stål i väggar och ventilationskanaler. Cellplast och mineralull ger dock störst utsläpp av vissa enskilda ämnen. Detta kan i viss mån bero på ofullständiga och ej jämförbar emissionsdata.

## 5.5 Kostnader

Återigen är det skillnaderna mellan hustyperna som är av intresse även när det kommer till kostnader. I Tabell 4 ges kostnadsskillnaden för de parametrar som skiljer de två hustyperna åt<sup>85</sup>.

**Tabell 4** Kostnadsskillnad mellan Standard- och Nollenergihus.<sup>86</sup>

	Kostnadsskillnad/hus, SEK	Kostnadsskillnad då Nollenergihus byggs istället för Standardhus, SEK/m <sup>2</sup> BRA
Standard- och Nollenergihusvägg	342 000 – 429 000	+ 81 – 102
F-system och FTX-system, centralbaserat	1 052 000 – 1 113 000	+ 250 – 265
Inget radiatorsystem och radiatorsystem	1 440 000 – 1 568 000	- 343 – 373

Som man kan utläsa i Tabell 4 blir kostnadsskillnaden mellan de två hustyperna att Nollenergihuset får en merkostnad som följd av större materialåtgång i väggen och det mer avancerade FTX-systemet. Denna merkostnad kompenseras dock av att huskonstruktionen inte behöver något radiatorsystem.

Som jämförelse kan nämnas att den totala produktionskostnaden för ett hus som N:a Älvstranden Utveckling bygger idag ligger på cirka 14 000 SEK/m<sup>2</sup> BRA<sup>87</sup>.

<sup>85</sup> Andersson et. al. 2005

<sup>86</sup> Ibid.

<sup>87</sup> Bolminger 2005

## 6 Distributionssystem

I detta kapitel görs en redogörelse för två olika typer av värmedistribution, från produktionsanläggning till slutanvändare. Den stora skillnaden mellan de olika systemen ligger i avståndet mellan värmeproduktion och slutkund. Kostnaderna som presenteras ligger till grund för beräkningar av systemlösningar för Västra Eriksberg.

### 6.1 Fjärrvärme

Med fjärrvärme menas en centraliserad värmeproduktion som levererar värme till städer, eller delar av städer, via ett distributionsnät. Fjärrvärmesystem delas in i produktionsanläggningar, distributionsledningar och abonnentcentraler.<sup>88</sup>

I ett fjärrvärmesystem är det möjligt att ha produktionsanläggningar för olika typer av bränslen, så som bibränsle, naturgas och avfall. Det är också möjligt att utnyttja spillvärme från industriella processer. Möjligheten att kombinera olika värmeproduktionsalternativ gör att man kan optimera fjärrvärmesystemet utifrån det bränsle som är mest lönsamt. Billigare och mer svårreglerade bränslen används ofta till att täcka baslast, medan dyrare och mer reglerbara bränslen används till spetslast. För att ytterligare optimera fjärrvärmesystemet och öka baslastpannornas produktion lagras värme då behovet är lågt, exempelvis nattetid, för att användas då behovet är stort. En annan fördel med ett sådant korttidslager är att elproduktionen i ett kraftvärmeverk kan optimeras efter elbehovet. Vid driftavbrott fungerar också korttidslagret som värmereserv. Det finns också möjlighet att säsongslagra värmeenergi från till exempel avfallsförbränning och solvärme under sommaren för att sedan använda den på vintern.<sup>89</sup>

Den producerade värmen levereras från produktionsanläggningen, genom fjärrvärmesystemets distributionsledningar, till varje abonnentcentral där den värmesväxlas och distribueras lokalt i varje byggnad.<sup>90</sup>

### 6.2 Närvärme

Närvärmesystem är detsamma som ett mindre och mer lokalt fjärrvärmesystem, där värmeproduktion sker i mindre anläggningar. Ett närvärmesystem är ett sätt för ett område att samproducera värme för att få bättre verkningsgrad och ekonomi samt att slippa bränslehantering vid varje enskilt hus.

### 6.3 Miljöpåverkan

Fjärrvärme möjliggör ett omhändertagande och nyttiggörande av spillvärme från industriprocesser, vilket är positivt ur resurseffektivitetssynpunkt. Produktionsanläggningarna kan byggas större och har bättre verkningsgrad än enskilda värmepannor. Med större centraliserade anläggningar ökar också möjligheten till en bättre och mer kostnadseffektiv rening av rökgaserna.<sup>91</sup>

---

<sup>88</sup> Fredriksen et. al. 1993

<sup>89</sup> Ibid.

<sup>90</sup> Ibid.

<sup>91</sup> Ibid.

Miljöpåverkan från produktion och dragning av distributionsledningar inom ett område är densamma för fjärrvärme och närvärme. De luftemissioner som orsakas av produktion och anläggning av distributionsledningar härrör från råvaruframställning, fordonsanvändning, transport av material och grävarbete. Miljöpåverkan från anläggning är störst vid bortschaktande och nyläggning av asfalt. Genom att minimera och samordna grävarbetet med andra intressenter kan emissionerna till luft minska. En annan möjlighet är att minska materialmängderna i ledningarna men detta måste ske utan att värmeförlusterna i rörsystemet ökar.<sup>92 93</sup>

Den största miljöpåverkan, relaterad till distributionssystemet, kommer av den extra värmeproduktion som krävs för att täcka värmeförlusterna<sup>94</sup>. Förlusterna är proportionella mot rörets mantelarea vilket medför att mindre rördimensioner har större värmeförluster.

## 6.4 Kostnader

Ett distributionsnät innehåller många olika rördimensioner beroende på vilket energi- och effektbehov olika delområden har. Kostnaderna för ett distributionsnät kommer dels från rören, men också från anläggningen av nätet. I denna rapport tas emellertid endast hänsyn till rörkostnaden eftersom anläggningskostnaden inte antas skilja sig nämnvärt mellan ett Standard- och Nollenergihusområde. I Tabell 5 presenteras kostnaderna för de dimensioner som är aktuella för Västra Eriksberg<sup>95 96</sup>.

**Tabell 5** Rördimensioner och dess kostnad per meter.<sup>97</sup>

Rörbeteckning	Ytterdiameter, inklusive isolering, mm	Kostnad/meter, SEK
DN 40	125	219
DN 50	140	262
DN 65	160	318
DN 80	180	390
DN 100	225	586
DN 125	250	832

<sup>92</sup> Fröling et. al. 2002

<sup>93</sup> Ibid.

<sup>94</sup> Reidhav 2005

<sup>95</sup> Christensen 2005

<sup>96</sup> Nordström 2005

<sup>97</sup> Ibid.

## 7 Möjliga värmeproduktionsalternativ

I följande fyra delkapitel ges en kort allmän beskrivning och kvalitativa miljöeffekter för olika värmeproduktionsalternativ.

### 7.1 Biobränsle

#### 7.1.1 Allmän beskrivning

Biobränsle är biologiskt material som används för att generera energi och kan delas in i skogsbränsle, halmbränsle och energigrödor<sup>98</sup>. Biobränsle betraktas som en förnybar energikälla.

En biobränslekedja kan bestå av följande steg: odling, avverkning, utvinning, lagring, torkning, transport, förädling, hantering och förbränning.<sup>99</sup>

Flisat trädbränsle innehåller 41 – 47 procent vatten. Förbränning av bränsle med hög fukthalt innebär ett försämrat energiutbyte jämfört med torrare bränslen. För att åtgärda detta problem låter man ofta bränslet ligga och torka vid avverkningsplatsen. En nackdel med att låta biobränslet ligga och torka är att energiinnehållet minskar på grund av nedbrytning.<sup>100</sup>

Trädbränslen kan också genomgå en förädling innan förbränning och därigenom omvandlas till antingen briketter, pulver eller pellets. Förädlade biobränslen har en rad fördelar jämfört med oförädlade. Framst är det miljörelaterade aspekter men det finns också ekonomiska faktorer, så som lägre anläggningskostnader både vid grundinvestering samt vid drift och underhåll. Självklart finns det också en del nackdelar som till exempel behov av tillförd energi vid tillverkning och ett högre bränslepris.<sup>101</sup>

Det finns tre saker som är viktiga att tänka på för att uppnå fullständig förbränning av biobränsle. Temperaturen måste vara tillräckligt hög, förbränningstiden vara tillräckligt lång och turbulensen vara tillräckligt god.<sup>102</sup>

#### 7.1.2 Miljöpåverkan

Emissioner kan uppkomma vid lagring och torkning av biobränslen. Dock är den ingående kunskapen om emissionerna och dess miljöeffekter i dagsläget bristfällig på många punkter. Vissa av ämnena kan stimulera bildning av marknära ozon och kan även påverka närmiljön negativt genom bland annat utsöndrande av starka dofter.<sup>103</sup>

De miljöfaktorer som talar för en användning av förädlade bränslen framför oförädlade bränslen är lägre luftemissioner vid förbränning, färre transporter och bättre lagringsmöjligheter.<sup>104</sup>

---

<sup>98</sup> Nationalencyklopedin 2005

<sup>99</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>100</sup> Nilsson 1999

<sup>101</sup> Ibid.

<sup>102</sup> Ibid.

<sup>103</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>104</sup> Nilsson 1999



Vid förbränning av träbränslen sker luftemissioner, med negativ miljöpåverkan, huvudsakligen som kväveoxider och kolmonoxid. Genom att välja bra förbrännings- och reningsutrustning, samt förädlade bränslen, framför oförädlade, kan utsläppen av skadliga ämnen minska betydligt. En större anläggning har ofta både bättre reningsteknik samt bättre förbränningsförhållanden.<sup>105</sup>

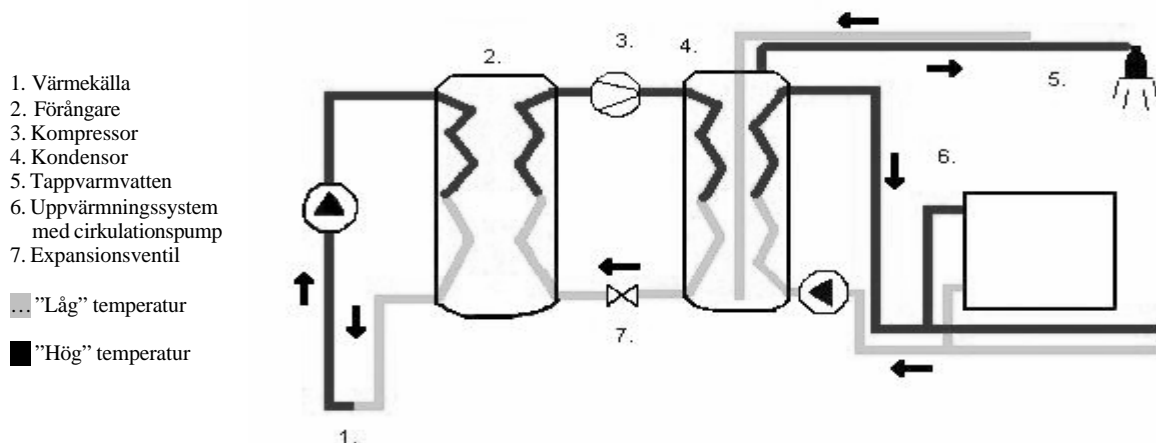
Även om bibränslen betraktas som ett förnybart bränsle, utan nettobidrag av koldioxid vid förbränning, är det viktigt att komma ihåg att hantering och transport av bränslet innebär användning av fossila bränslen och därför kan inte hela bränslekedjan betraktas som förnybar.

## 7.2 Värmepumpar

### 7.2.1 Allmän beskrivning

En värmepump omvandlar lågvärdig värme, lagrad i antingen berg, vatten, luft eller mark, till användbar värme. De viktigaste komponenterna i en värmepump är: förångare, kondensator, expansionsventil och kompressor. Dessa är sammankopplade i ett slutet rörsystem, där ett köldmedium cirkulerar. Köldmediet överför lågvärdig värme till uppvärmning och tappvarmvatten.<sup>106 107</sup> För att vätskan i systemet inte ska frysa tillsätts en frostskyddsvätska, som kallas för brine<sup>108</sup>.

En värmepumps förmåga att utnyttja lågvärdig värme beror på att köldmediets kokpunkt kan varieras genom tryckförändring<sup>109</sup>. Systemet drivs av el och en värmepumps värmefaktor anger förhållandet mellan tillförd elektrisk energi och nyttiggjord värmeenergi. I Figur 7 förklaras en värmepumps uppbyggnad och funktion schematiskt<sup>110</sup>.



**Figur 7** Schematiskbild över en värmepumps delar och funktion. Värmepumpens köldmedium tar värme från en värmekälla. Genom att köldmediets kokpunkt regleras med en expansionsventil, sänks trycket i förångaren. Då mediet kokar bildas gas som sugas in i kompressorn. Det ökade trycket i kompressorn leder till att gasens temperatur stiger. Gasen trycks sedan in i kondensorn där värmen överförs från värmepumpen till husets värmesystem och i samband med detta kyls gasen och återgår till vätskeform. För att sänka trycket transporteras köldmediet åter till förångaren och cykeln är sluten och kan börja om igen. (Svenska Värmepumpsföreningen (a) 2004)

<sup>105</sup> Nilsson 1999

<sup>106</sup> Svenska Värmepumpsföreningen (a) 2004

<sup>107</sup> Svenska Värmepumpsföreningen (b) 2004

<sup>108</sup> Lillsjö 2005

<sup>109</sup> Reistad 2002

En värmepump kan, som tidigare nämnts, använda värmeenergi från flera olika källor. Då bergvärme utnyttjas, anpassas borrhjupet efter det efterfrågade värmebehovet. Generellt är temperaturen både högre och jämnare ju djupare man borrar<sup>111</sup>. I ett vattenvärmsystem placeras slangar ut på en vattenyta där de fylls med köldmedium och sedan sänks ned till isfritt djup, vilket i regel innebär en placering på botten och/eller i bottensedimentet.<sup>112</sup> Ytjordvärme fungerar på samma sätt som vattenvärme, med enda skillnaden att slangsystemet grävs ned i marken istället. En luftvärmepump använder omgivande luft som värmekälla.<sup>113</sup>

## 7.2.2 Miljöpåverkan

En värmepumps miljöpåverkan är kopplad till anläggningsarbetet, läckage av köldmedier och brine under driftskedet samt hur elen som driver värmepumpen är producerad.

Miljöpåverkan från anläggningsarbetet sker främst vid borrning av energibrunn för användning av bergvärme och miljöriskerna varierar beroende på bergartens egenskaper. Området runt energibrunnen utsätts inte för någon nämnvärd miljöpåverkan och återhämtar sig snabbt efter borrhningsarbetet.<sup>114</sup>

I dagens nytillverkade värmepumpar är risken för läckage av köldmedium väldigt liten. Idag används klorfria köldmedier som inte har någon nedbrytande effekt på ozonskiktet, dock bidrar de till den förstärkta växthuseffekten.<sup>115</sup> Brine innehåller en blandning av etanol och vatten och medför inte någon stor miljörisk<sup>116</sup>.

Svensk el produceras huvudsakligen av vatten- och kärnkraft, 40 respektive 50 procent<sup>117</sup>, och därmed är luftemissionerna från svenskproducerad el relativt små. Produceras elen däremot i ett koleldat kraftverk blir emissionsnivåerna och miljöeffekterna mycket högre.

## 7.3 Natur- och biogas

### 7.3.1 Allmän beskrivning

Naturgas är ett fossilt bränsle som huvudsakligen bildats då sediment av växt- och djurdelar utsatts för högt tryck och hög temperatur på några kilometers djup från jordens markyta. Är det organiska ursprungsmaterialet huvudsakligen landlevande växter bildas gas medan olja bildas då ursprunget är marina växtplankton.<sup>118</sup>

Utvinning sker idag både på land och till havs och innan naturgasen distribueras till slutanvändaren genomgår den ett antal behandlingssteg då den bland annat rensas från tunga kolväten och eventuellt svavelinnehåll.<sup>119</sup>

Naturgas består till största delen av metan. Andelen metan varierar beroende på var utvinningen har skett, men vanligen ligger halten på mellan 90-99 procent. Övriga ämnen som

---

<sup>110</sup> Svenska Värmepumpsföreningen (a) 2004

<sup>111</sup> Svenska Värmepumpsföreningen (c) 2004

<sup>112</sup> Svenska Värmepumpsföreningen (d) 2004

<sup>113</sup> Svenska Värmepumpsföreningen (e) 2004

<sup>114</sup> Svenska Värmepumpsföreningen 2003

<sup>115</sup> Svenska Värmepumpsföreningen (b) 2004

<sup>116</sup> Lillsjö 2005

<sup>117</sup> Statens Energimyndighet (a) 2004

<sup>118</sup> Näslund 2003

<sup>119</sup> Ibid.

förekommer i naturgas är andra kolväten, så som etan och propan, samt koldioxid och kväve.<sup>120</sup>

Transport av naturgas kan ske på många olika sätt. Vanligtvis sker transporten i ett rörsystem från utvinningsplatsen till slutkonsumenten, men kan också ske i fartyg och lastbilar, då som vätska, nerkyld till -161 °C.<sup>121</sup>

Biogas bildas när organiskt material bryts ner under syrefria förhållanden och delas in i deponigas respektive rötgas. Deponigas bildas naturligt då organiskt avfall bryts ner i sotpipor, medan rötgas bildas i rötktammare då till exempel slam från avloppsreningsverk, slakteriavfall och jordbruksgrödor bryts ner.<sup>122 123</sup>

Deponigas består av 45 – 60 procent metan och 30 – 45 procent koldioxid. Eftersom det finns en stor variation av olika ämnen i avfall innehåller deponigas oftast en större andel föroreningar jämfört med rötgas. Rötgas består, i sin tur, av cirka 60 procent metan och 40 procent koldioxid samt små mängder ammoniak och svavel. Biogas måste genomgå en uppgraderingsprocess, som höjer gasens energiintensitet, om den ska kunna användas med naturgas. Uppgradering innebär att icke-brännbara gaser, samt vatten och föroreningar renas bort.<sup>124</sup>

### 7.3.2 Miljöpåverkan

De största emissionerna i samband med naturgasanvändning sker under transport och slutanvändning.<sup>125</sup>

Det är svårt att beräkna exakt hur mycket emissioner som uppkommer på grund av läckage under transporten till slutkonsumenten, men uppskattningar har gjorts. Enligt dessa uppkommer det största läckaget i distributionsnätet närmast kunden eftersom man här använder sig av mindre tåliga plaströr. Uppskattningar av läckaget i det svenska distributionsnätet närmast kund visar på ett läckage av motsvarande 0,06 procent av den transporterade gasmängden.<sup>126</sup>

De utsläpp som man främst talar om när det gäller förbränning av naturgas är emissioner av kväveoxider och växthusgaser. Det som är positivt med naturgas, jämfört med andra fossila bränslen, är att den vid förbränning ger upphov till väldigt låga emissioner av svavel, tungmetaller och partiklar.<sup>127</sup> Dessutom innebär det låga svavelinnehållet och höga andelen väte, i förhållande till mängd kol, att man kan uppnå en högre energiverkningsgrad. Detta beror på att man kan uppnå en effektivare kondensering av rökgaserna, tack vare en högre andel vattenånga och en lägre risk för korrosion.<sup>128</sup>

---

<sup>120</sup> Näslund 2003

<sup>121</sup> Ibid.

<sup>122</sup> Ibid.

<sup>123</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

<sup>124</sup> Näslund 2003

<sup>125</sup> Ibid.

<sup>126</sup> Ibid.

<sup>127</sup> Ibid.

<sup>128</sup> Svenskt Gastekniskt Center 2005

## 7.4 Solvärme

### 7.4.1 Allmän beskrivning

Det finns några olika typer av system för solvärme. Ett solvärmesystem kan antingen fungera på egen hand, och då till exempel värma poolvatten under sommarhalvåret, eller i kombination med en annan värmekälla, och då bidra till både uppvärmning och tappvarmvatten.<sup>129</sup>

De olika systemen bygger på samma princip. I solfångaren cirkulerar en energibärare som värms upp av solinstrålningen. I Sverige är denna energibärare ofta vatten, med tillsats av glykol för att undvika att systemet fryser sönder under vinterhalvåret. Energibäraren värmes och det uppvärmda vattnet kan lagras för att sedan användas till uppvärmning och/eller tappvarmvatten.<sup>130</sup>

### 7.4.2 Miljöpåverkan

80 – 90 procent av luftutsläppen från produktion och installation av ett komplett solvärmesystem härrör från framställning av råmaterial. En solfångare består av drygt 70 procent stål, 6 procent koppar, 5 procent glas, men också av betydande mängder aluminium och isoleringsmaterial. Transporter står för 10 – 15 procent av de totala luftutsläppen i samband med tillverkning och anläggning av ett solvärmesystem.<sup>131 132</sup>

---

<sup>129</sup> Perers (a) 2005

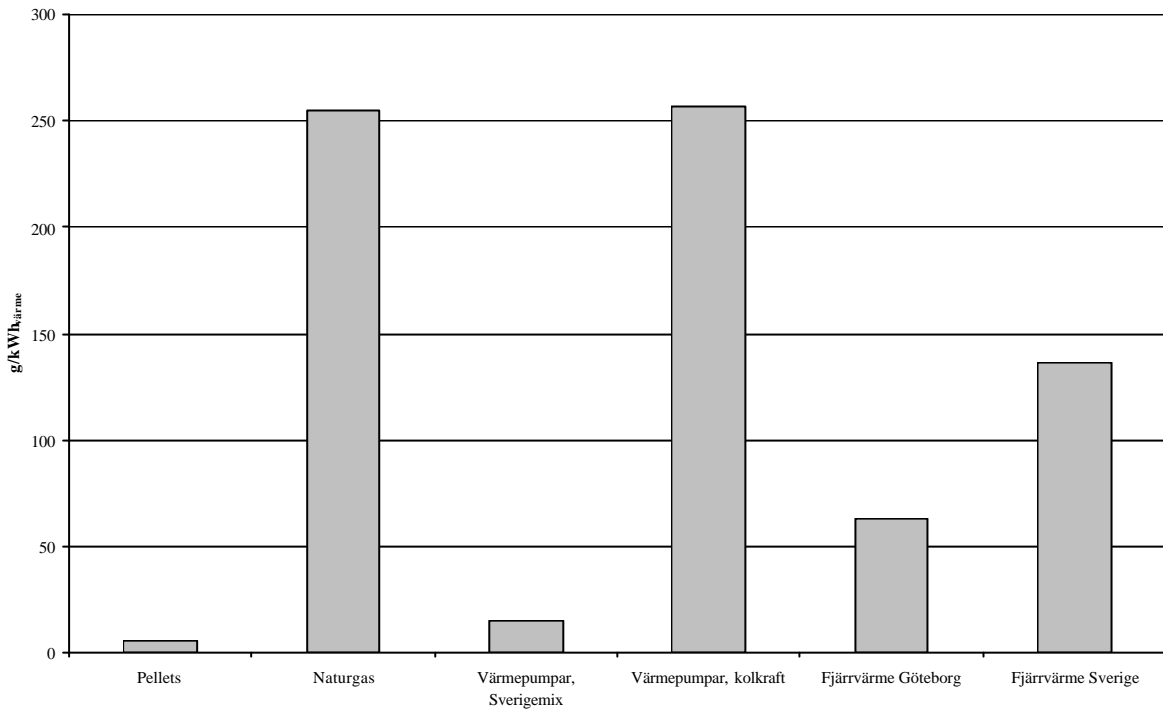
<sup>130</sup> Ibid.

<sup>131</sup> Ardente et. al. 2005

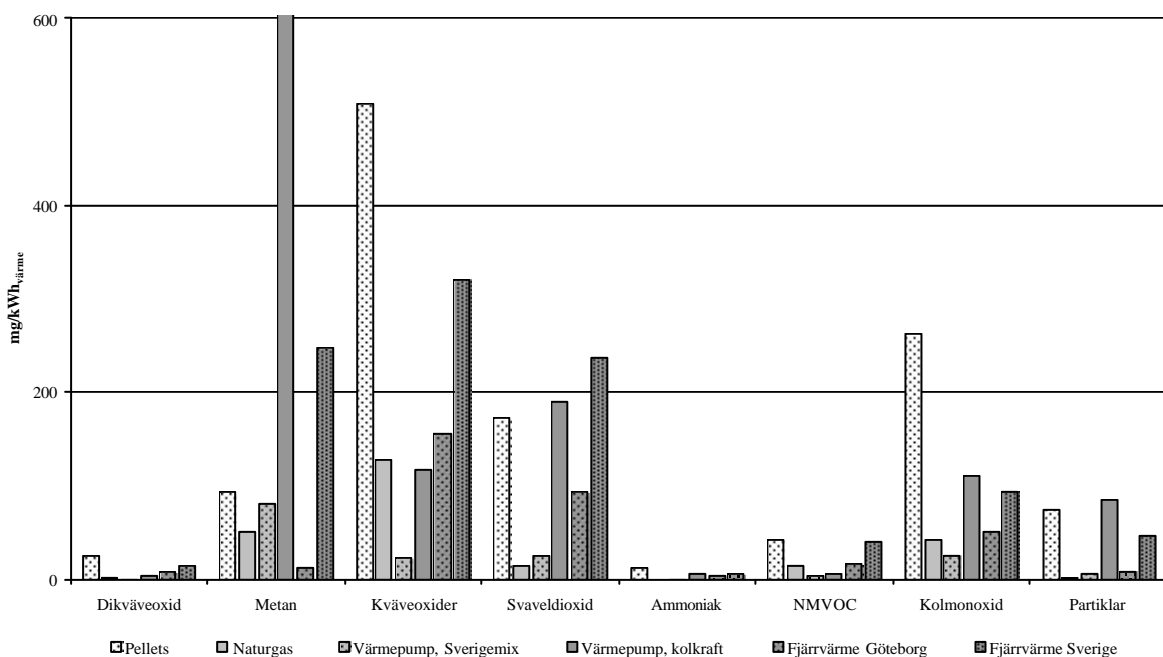
<sup>132</sup> Perers (b) 2005

## 8 Värmeproduktionsalternativ – luftemissioner

För att kunna jämföra olika värmeproduktionsalternativs miljöpåverkan har luftemissionerna per producerad kWh<sub>värme</sub> beräknats utifrån utsläppsdata från produktion, distribution och användning av bränsle alternativt el. Utsläppen avser användning i anläggningar mindre än 50 MW och redovisas i Figur 8 och 9. För beräkningar och utsläppsdata se Bilaga 3.



**Figur 8** Luftemissioner av koldioxid för värmeproduktionsalternativ. Observera att utsläppen från värmepumpar skiljer sig mycket åt beroende på om driftelen är svenskproducerad eller kommer från ett kolkraftverk. Fjärrvärme Sverige betecknar ett genomsnitt från all fjärrvärme i Sverige.



**Figur 9** Luftemissioner, förutom koldioxid, för olika värmeproduktionsalternativ. Utsläppen från värmepumpar skiljer sig mycket åt beroende på om driftelen är svenskproducerad eller kommer från ett kolkraftverk. Fjärrvärme Sverige betecknar ett genomsnitt från all fjärrvärme i Sverige. Observera att metanutsläppen för värmepumpar drivna av kolkraftproducerad el är högre än vad intervallet medger. Dessa metanutsläpp är 3001 mg/kWh<sub>värme</sub>. NMVOC står för flyktiga organiska kolväten exklusive metan.

Koldioxidutsläppen från pellets härrör uteslutande från produktion och distribution medan koldioxidutsläppen från övriga värmeproduktionsalternativ främst kommer från bränsleanvändning. Alla övriga luftemissioner kommer huvudsakligen från förbränning av bränsle.

En rättvis jämförelse mellan solvärmesystem och övriga värmeproduktionsalternativ, med avseende på luftemissioner, är i denna rapport omöjlig. Detta beroende på att ett solvärmesystem inte har några betydande luftemissioner under driftfasen och att tillverkning av anläggning för övriga system inte undersökts. För att ändå ge en bild av storleken på solfångares luftemissioner är ett solfångarsystems återbetalningstid, avseende koldioxid, 2 år vid jämförelse med naturgasproducerad värme.<sup>133</sup> Ett annat sätt att bedöma solfångares miljöpåverkan är att beräkna energiåterbetalningstiden. I nordeuropeiskt klimat är denna återbetalningstid mellan 1-2 år beroende på anläggningstyp. Breddgraden spelar en stor roll; återbetalningstiden i Israel är hälften så lång som i Nordeuropa.<sup>134 135</sup>

---

<sup>133</sup> Ardente et.al. 2005

<sup>134</sup> Perers (b) 2005

<sup>135</sup> Streicher 2005

## 9 Värmeproduktionsalternativ – kostnader

I detta kapitel presenteras specifika kostnader och priser som är kopplade till de värmeproduktionsalternativ som är av intresse för Västra Eriksberg, för att sedan användas i nästkommande kapitel. För att få en uppfattning om, och kunna jämföra olika värmeproduktionsalternativ, har anläggningarna dimensioneras för att täcka hela områdets effektbehov, med undantag för solvärme. Kapitlet tar upp totala investeringskostnader, drift- och underhållskostnader samt bränsle-/elkostnader per producerad kWh<sub>värme</sub>. I slutet av kapitlet ges en sammanställning av fasta och rörliga kostnader per kWh<sub>värme</sub>. För beräkningar se Bilaga 4.

### 9.1 Biobränsle

En biobränsleanläggning dimensioneras vanligtvis efter 60 procent av effektbehovet, vilket motsvarar ungefär 90 procent av energibehovet över året. Spetslasten kan täckas av exempelvis en naturgaspanna som också kan användas som reservpanna. Storleken på anläggningen avgör vilket bränsle som är aktuellt och för Västra Eriksberg anses pellets vara det mest realistiska alternativet.<sup>136</sup>

I investeringskostnaderna i Tabell 6 ingår pelletspanna, eldningsutrustning, silo för bränslelagring, rening, skorsten, naturgaseldad spetslastpanna, styr- och reglerutrustning samt byggnad.<sup>137</sup>

**Tabell 6** Investeringskostnad för pelletsanläggning inklusive naturgaseldad spetslastpanna för Nollenergi- och Standardhus.<sup>138</sup>

Hustyp	Toppeffektbehov, kW	Investeringskostnad, SEK
Nollenergihus	1 300	3 750 000
Standardhus	4 105	5 750 000

Drift- och underhållskostnaden uppgår till cirka 10 procent av den årliga kapitalkostnaden.<sup>139</sup>

I Sverige är biobränslen i princip obeskattade. I Figur 10 redovisas värmeverks årsmedelpris för pellets.<sup>140</sup>

---

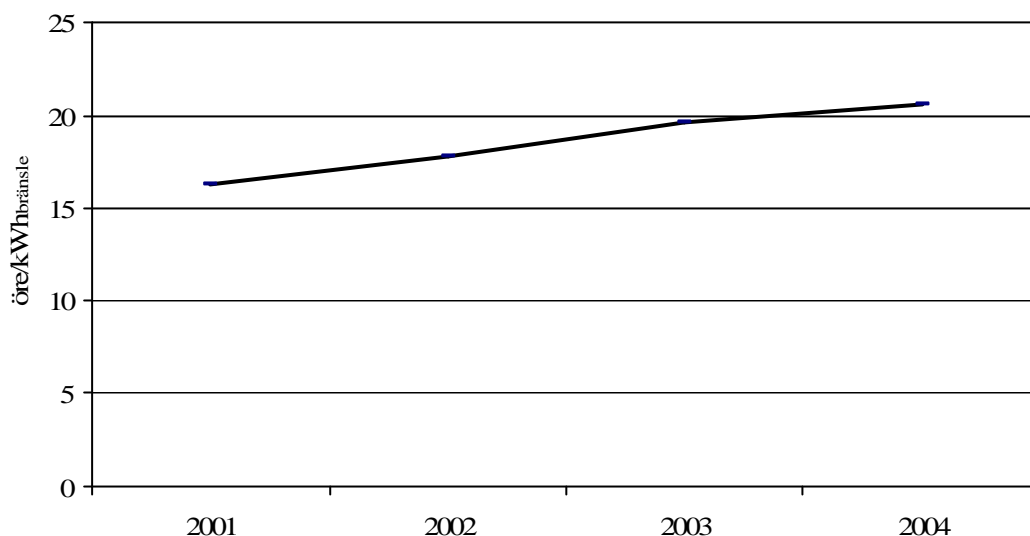
<sup>136</sup> Grönberg 2005

<sup>137</sup> Ibid.

<sup>138</sup> Ibid.

<sup>139</sup> Statens Energimyndighet (b)

<sup>140</sup> Larsson 2005



**Figur 10** Värmeverks årsmedelpris för pellets. Priset är angivet exklusive skatt. (Larsson 2005)

Rapportens beräkningar utgår från medelvärdet för 2004 som uppgår till 20,6 öre/kWh<sub>bränsle</sub>. Då hänsyn tas till en anläggnings verkningsgrad, 85 procent<sup>141</sup>, blir bränslekostnaden **24,2 öre/kWh<sub>värme</sub>**

## 9.2 Värmepumpar

För att maximera effektiviteten i investeringen dimensioneras värmepumpssystem vanligtvis efter 60 – 70 procent av topeffekten, vilket motsvarar ungefär 90 procent av energibehovet per år.<sup>142</sup> Liksom biobränsle måste ett värmepumpssystem ha kompletterande värmeproduktion för att täcka spetslasten. Denna värmeproduktion kan ske i en naturgaseldad panna, vars kostnader ges i efterföljande kapitel.

Berg- och vattenvärme är de mest lämpade värmekällorna för system som ska värma en bostadsyta större än 200 m<sup>2</sup>.<sup>143</sup> I Göteborg kan bergvärme generera 30 – 40 W/m borrhål och varje borrhål behöver cirka 200 m<sup>2</sup> markyta. Dessa data tillsammans med områdets totala area, 108 400 m<sup>2</sup>, och ett borrhål på 180 m, ger en maximal potentiell uteffekt på cirka 2,5 MW.<sup>144</sup> Vattenvärme uteffekt ligger alltid under 25 W/m slinga och slingorna läggs 1,5 m ifrån varandra. En installation av vattenvärme kostar cirka 60 kronor per meter, och därtill kommer kostnaden för värmepumpar.<sup>145</sup> För att få samma potentiella uteffekt som bergvärme krävs att minst 70 000 m<sup>2</sup> av Göta älv utnyttjas.

I Tabell 7 framgår alla investeringskostnader för fyra kompletta värmepumpssystem.<sup>146 147</sup>

<sup>141</sup> Stripple 2005

<sup>142</sup> Svenska Värmepumpsföreningen (a) 2004

<sup>143</sup> Westerholm 2005

<sup>144</sup> Berg 2005

<sup>145</sup> Stridh 2005

<sup>146</sup> Berg 2005

<sup>147</sup> Stridh 2005

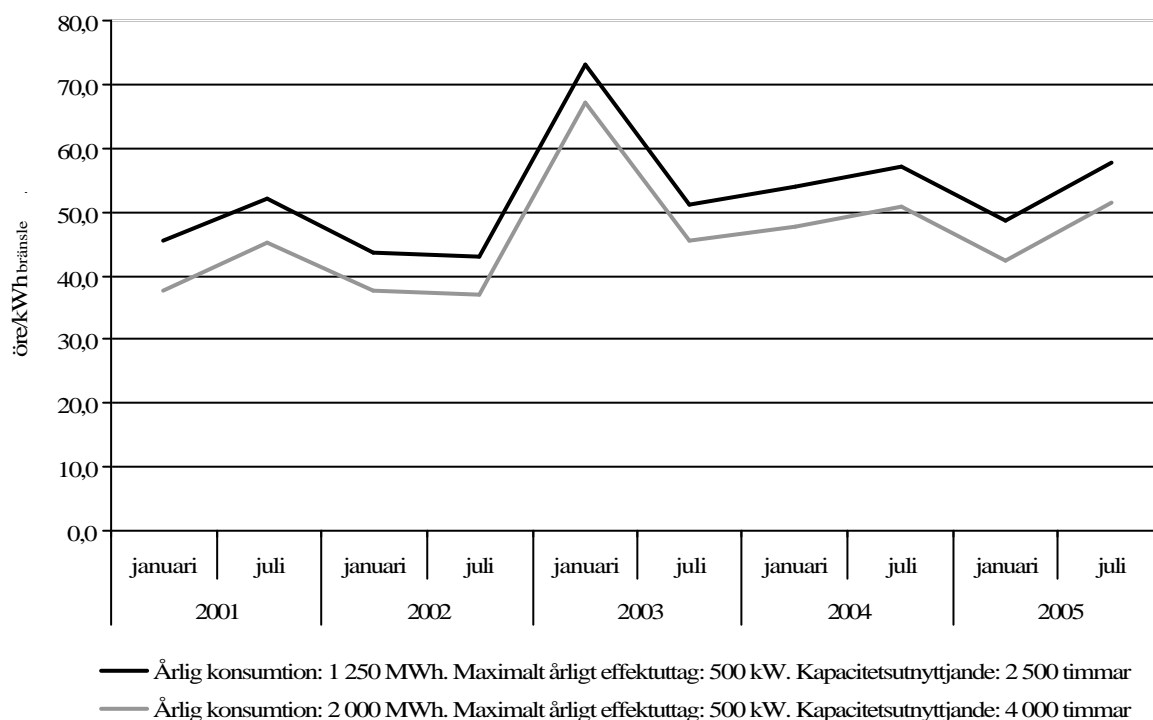


**Tabell 7** Investeringskostnader för fyra kompletta värmepumpssystem.<sup>148 149</sup>

Hustyp	60 procent av toppeffekten, kW	Investeringskostnad vattenvärme, SEK	Investeringskostnad bergvärme, SEK
Nollenergihus	780	3 600 000	10 900 000
Standardhus	2 500	11 500 000	35 000 000

Drift och underhållskostnaden uppgår till cirka 25 procent av den årliga kapitalkostnaden.<sup>150</sup>

Gör man ett grovt överslag och räknar med att man behöver en tredjedel av värmebehovet för att driva värmepumparna, som försörjer hela området med värme, ligger elbehovet på mellan 1 100 MWh och 2 700 MWh per år, beroende på om Standard- eller Nollenergihus byggs. Priskurvor för industrikunder, med en årlig konsumtion av 1 250 och 2 000 MWh visas i Figur 11<sup>151</sup>.



**Figur 11** Priser på el för industrikunder inklusive skatt. (SCB 2005)

De skatter som är inkluderade i Figur 11 är industrins energiskatt, som år 2004, uppgick till 0,5 öre/kWh<sub>el</sub>. Eftersom priserna ska gälla för värmeproduktion är energiskatten istället 24,1 öre/kWh<sub>el</sub>.<sup>152</sup> Efter omräkning är värdena för juli år 2004, för de två studerade kurvorna, 74,2 och 80,6 öre/kWh<sub>el</sub>. Denna rapport utgår från ett genomsnitt av dessa två omräknade värden, och med en antagen värmefaktor på tre, innebär det en kostnad på **25,8 öre/kWh<sub>värme</sub>**.

<sup>148</sup> Berg 2005

<sup>149</sup> Stridh 2005

<sup>150</sup> Statens Energimyndighet (b)

<sup>151</sup> SCB 2005

<sup>152</sup> Statens Energimyndighet (a) 2004

## 9.3 Gas

I och med N:a Älvstranden Utvecklings åtagande i ByggaBoDialogen är naturgas endast aktuellt som bränsle för att täcka spetslast och som reservkraft. Biogas ses som ett förnybart alternativ till naturgas, men att utreda biogas potential har bedömts vara alltför komplext för att studeras djupare i denna rapport.

I Tabell 8 redovisas investeringskostnaden för en naturgaseldad anläggning. I kostnaden ingår gaspanna, eldningsutrustning, skorsten, reservpanna, styr- och reglerutrustning och byggnad. Vid större effektbehov kan det vara nödvändigt att dela upp försörjningen på två pannor för att öka drift- och leveranssäkerheten.<sup>153</sup>

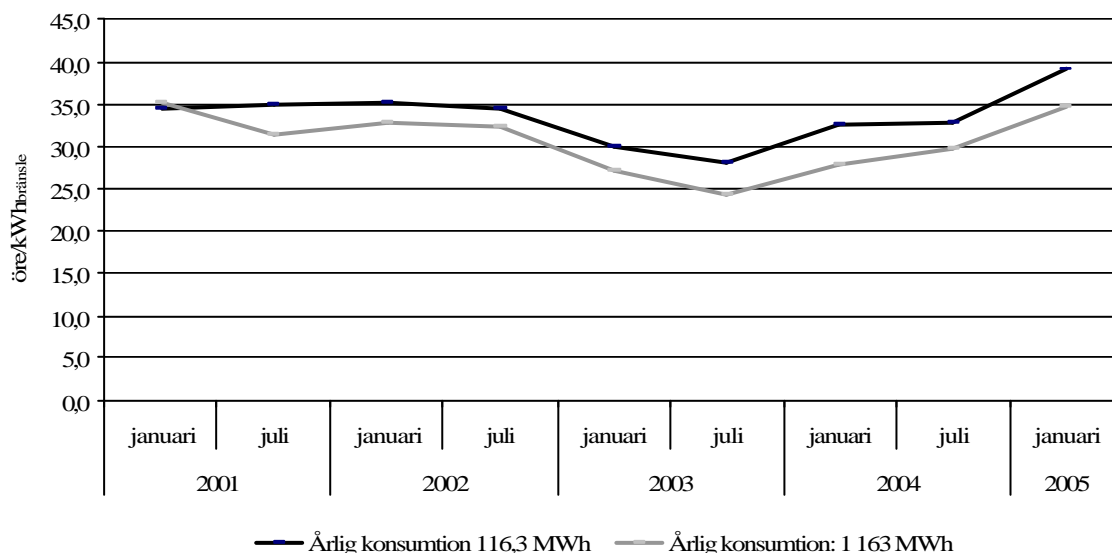
**Tabell 8** Investeringskostnad för naturgasanläggning.<sup>154</sup>

Hustyp	Toppeffektbehov, kW	Investeringskostnad, SEK
Nollenergihus	1 300	2 000 000
Standardhus	4 105	3 750 000

Drift och underhållskostnaden uppgår till cirka 9 procent av den årliga kapitalkostnaden.<sup>155</sup>

Idag finns det bara statistik för industri- och hushållskunder när det gäller pris på naturgas i Sverige. Ny statistik håller på att tas fram, men den rör endast kraftvärme- och kondenskraftverk.<sup>156</sup>

Eftersom naturgas endast är intressant för att täcka spetslast och det energibehovet uppgår till cirka 10 procent av det totala energibehovet, vilket i Västra Eriksberg motsvarar mellan 400 – 930 MWh/år, presenteras relevanta priskurvor för industrikunder i Figur 12.<sup>157</sup>



**Figur 12** Priser på naturgas för industrikunder inklusive skatt. (SCB 2005)

<sup>153</sup> Grönberg 2005

<sup>154</sup> Ibid.

<sup>155</sup> Statens Energimyndighet (b)

<sup>156</sup> Olsson 2005

<sup>157</sup> SCB 2005

Skatten på naturgas för industrin är 4,1 öre/kWh<sub>bränsle</sub><sup>158</sup>. För värmeproduktion är naturgas-skatten 21,9 öre/kWh<sub>bränsle</sub><sup>159</sup> <sup>160</sup>. Det genomsnittliga priset för juli 2004 är, efter hänsyn tagen till de nya skattesatserna och förbränningsanläggningens verkningsgrad på 85 procent<sup>161</sup>, **57,8 öre/kWh<sub>värme</sub>**.

## 9.4 Solvärme

För Västra Eriksberg är solvärme endast intressant då den samverkar med ett fjärr- eller närvärme nät.<sup>162</sup>

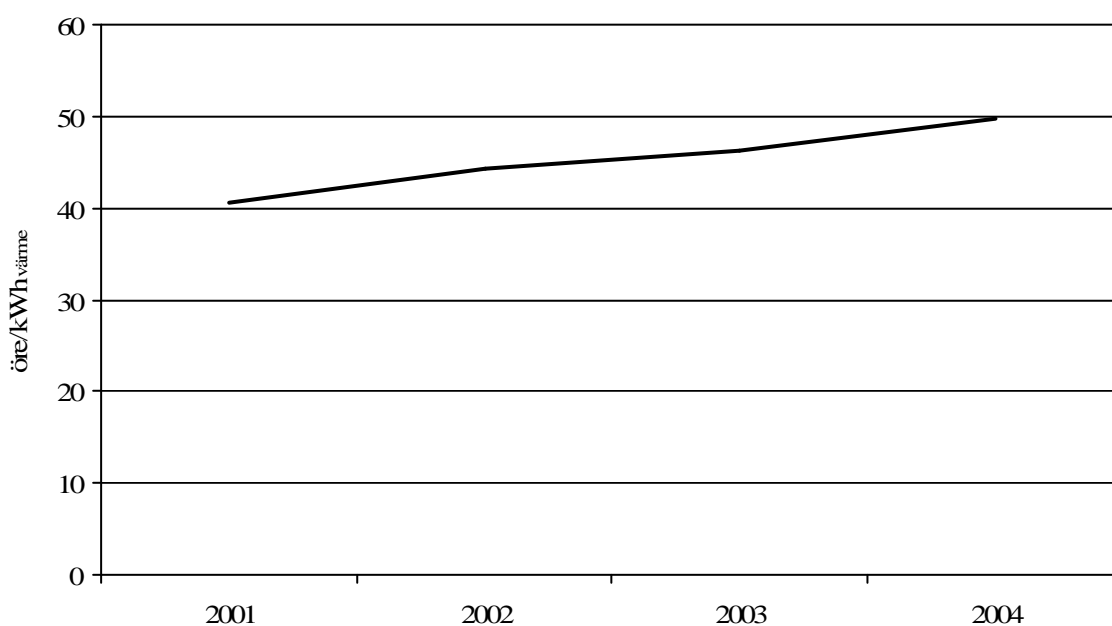
I investeringskostnaden, i Tabell 9, ingår ett komplett solvärmesystem. Tabellen presenterar möjlig energiproduktion i kWh<sub>värme</sub>/m<sup>2</sup>, år och kostnad per m<sup>2</sup> färdig anläggning.<sup>163</sup>

**Tabell 9** Investeringskostnaden för ett solvärmesystem och dess potential i kWh/m<sup>2</sup>.<sup>164</sup>

Potential, kWh <sub>värme</sub> /m <sup>2</sup> , år	Kostnad, SEK/m <sup>2</sup> färdig anläggning
300 – 350	4 500

## 9.5 Fjärrvärme

Då svar på förfrågningar, angående grundinvestering och rörliga värmekostnader, inte inkommit från Göteborg Energi AB utgår rapporten istället från årsmedelpris för svensk fjärrvärme, se Figur 13. I årsmedelpriset är hänsyn tagen till användning och pris för olika kvartal<sup>165</sup>. Observera att fjärrvärme därmed endast får rörliga kostnader i de fortsatta beräkningarna. Årsmedelvärdet för år 2004, som rapporten utgår från, är **50 öre/kWh<sub>värme</sub>**.



**Figur 13** Justerade årsmedelvärden för fjärrvärmepriser. (Larsson 2005)

<sup>158</sup> Statens Energimyndighet (a) 2004

<sup>159</sup> Ibid.

<sup>160</sup> Marklund 2005

<sup>161</sup> Stripple 2005

<sup>162</sup> Lennermo 2005

<sup>163</sup> Ibid.

<sup>164</sup> Ibid.

<sup>165</sup> Larsson 2005

## 9.6 Ekonomisk sammanställning

I detta kapitel presenteras den totala kostnaden per producerad kWh<sub>värme</sub> för respektive värmeproduktionsalternativ och hustyp. Annuitetsmetoden, med en kalkylränta på 5 procent, har använts för att dela upp de fasta kostnaderna per år. Alla system antas ha en ekonomisk livslängd på 20 år, förutom pelletssystem som antas ha livslängden 15 år<sup>166</sup>. Resultaten redovisas i Tabell 10 och ingående beräkningar i Bilaga 4.

**Tabell 10** Ekonomisk sammanställning över olika värmeproduktionsalternativ.

	Pellets		Naturgas		Värmepumpar berg		Värmepumpar vatten		Fjärrvärme <sup>a</sup>		Sol
	Noll	Std	Noll	Std	Noll	Std	Noll	Std	Noll	Std	
Fast kapitalkostnad, öre/kWh <sub>värme</sub>	10	7	4	3	23	32	8	11	-	-	103
Fast kostnad för drift och underhåll, öre/kWh <sub>värme</sub>	1	1	0	0	6	8	2	3	-	-	-
Rörlig kostnad, bränsle/el, öre/kWh <sub>värme</sub>	24	24	58	58	26	26	26	26	50	50	-
<b>Totalkostnad, öre/kWh<sub>värme</sub></b>	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>62</b>	<b>61</b>	<b>54</b>	<b>65</b>	<b>36</b>	<b>39</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>103</b>

Std = Standardhus; Noll = Nollenergihus

<sup>a</sup> Justerade genomsnittspriser för svensk fjärrvärme 2004<sup>167</sup>

- innebär att uppgift saknas

Solvärme är idag inte intressant att utreda vidare för Västra Eriksberg då kostnaderna per kWh<sub>värme</sub> är betydligt större jämfört med de andra tillförselalternativen. Ett sätt att minska den höga kostnaden skulle kunna vara att integrera, och ersätta konventionellt byggmaterial med solfångarmaterial. Detta anses dock vara svårt i detta skede då husen redan är ritade, menar Pietro Raffone, en av arkitekterna bakom det vinnande konceptet i den arkitekttävling som arrangerades för Västra Eriksberg<sup>168</sup>.

<sup>166</sup> Statens Energimyndighet (b)

<sup>167</sup> Larsson 2005

<sup>168</sup> Raffone 2005

## 10 Systemlösningar för Västra Eriksberg

När Nollenergihus byggs istället för Standardhus minskar energibehovet och därmed miljöbelastningen från värmeproduktion. Dock uppkommer en ökad miljöbelastning som följd av extra materialåtgång. I detta kapitel sätts dessa skillnader i relation till varandra. Som redogjorts för i kapitel 5.3 innebär inte byggnation av Nollenergihus en merkostnad.

Utifrån de lokala förutsättningar som finns för Västra Eriksberg har tre möjliga värmeproduktionssystem utreds vidare. Grunden till valet av systemlösningar är ByggaBoDialogens mål om huvudsaklig förnybar värmeproduktion år 2025 och N:a Älvstranden Utvecklings önskan att undersöka alternativ till fjärrvärme.

För att kunna bedöma de olika systemens miljöpåverkan och koppla detta till situationen i Göteborg beräknas vilken effekt de har på de tidigare nämnda miljöhoten. Dessutom används ett flerbostadshus med en värmeförbrukning på 140 kWh/m<sup>2</sup> BRA, producerat av svensk fjärrvärme, som referens. Därefter redogörs för de kostnader respektive system har och vilken känslighet de har för förändring av rörliga kostnader.

### 10.1 Byggnader

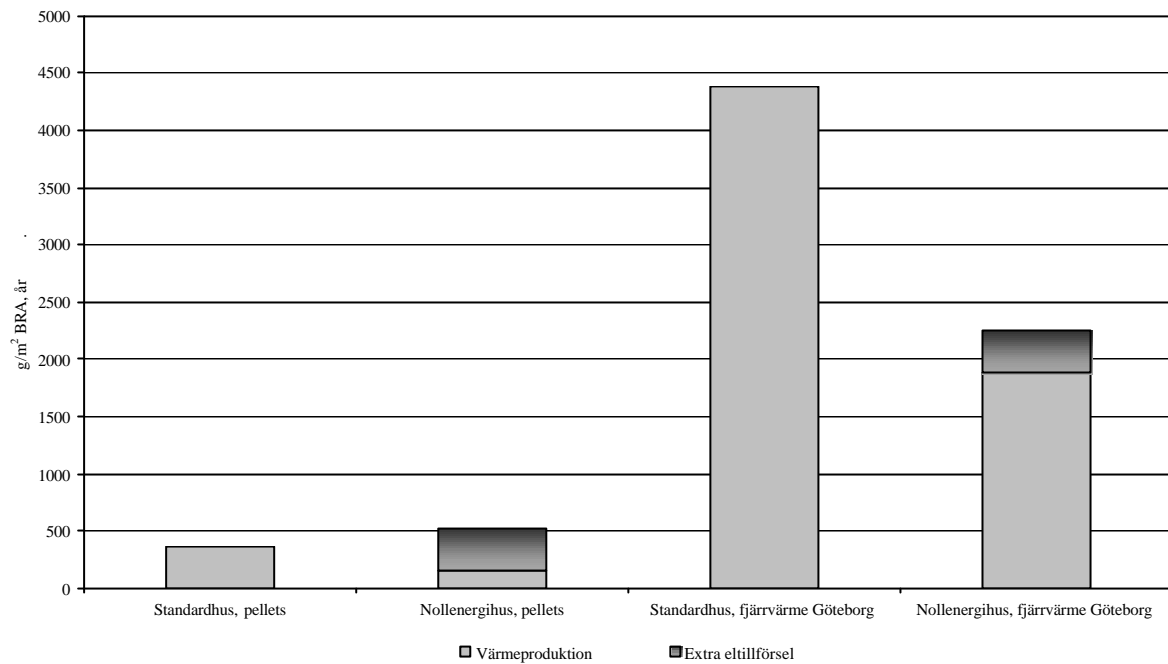
Då man bygger mer välisolerade och energieffektiva byggnader flyttar man miljöpåverkan från driftfas till byggfas. Enligt Karin Adalberth står byggnation av ett normalt flerbostadshus för ungefär 15 procent av den totala energianvändningen under dess livslängd<sup>169</sup>. Bygger man mer energisnåla hus kan denna procentsats öka till cirka 30 procent eller mer. Energianvändning står i nära relation till miljöpåverkan.<sup>170</sup>

Då man bygger Nollenergihus framför Standardhus ökar luftutsläppen beroende på ökad materialmängd. Det minskade värmebehovet medför dock minskade utsläpp från värmeproduktion. Utsläppsminskningen från värmeproduktion är mycket större än utsläppsökningen från byggnation. Om hänsyn tas till det ökade elbehovet som FTX-system innebär kan denna relation förändras, eftersom uppvärmning av Nollenergihus då belastas med ökade luftutsläpp. Hur stor den relativa förändringen blir beror till stor del på vilka luftutsläpp som värmeproduktionssystemet har från början. Exempelvis har värmeproduktion med pellets låga koldioxidemissioner och det extra elbehovet för FTX-systemet får därmed stor relativ betydelse. En illustration av skillnaden i relativ betydelse för olika värmeproduktionsalternativ ges i Figur 14. För en mer ingående beskrivning av skillnader i luftemissioner mellan värmeproduktion och hus, se Bilaga 5.

---

<sup>169</sup> Adalberth 2000

<sup>170</sup> Adalberth 2005



**Figur 14** Figuren illustrerar skillnaden i koldioxidemissioner mellan Standard- och Nollenergihus och den relativa betydelse som det extra elbehovet i FTX-systemet för med sig.

Om utsläppsnivåerna i Figur 14 jämförs med dem i Figur 5 och 6, ser man tydligt att värmeförsörjningen har större betydelse för miljöpåverkan än vad uppförandet av byggnader har, då man ser till byggnadens livstid. Därför koncentreras den fortsatta studien till värmeproduktionssystem.

## 10.2 Distributionssystem

Distributionsnätets dimensionering för Standard- respektive Nollenergihus skiljer sig inte nämnvärt. För Standardhus rör det sig om rör med en totaldiameter mellan 125 och 250 mm medan rördiametern för ett distributionsnät till Nollenergihus varierar mellan 125 och 225 mm<sup>171 172</sup>. I Tabell 11 presenteras mängder<sup>173</sup> och kostnader<sup>174</sup> relaterat till de två olika näten.

**Tabell 11** Rörkostnader för distributionsnät för Standard- respektive Nollenergihus.<sup>175 176</sup>

Rörbeteckning	Antal meter, Standardhus	Antal meter, Nollenergihus	Kostnad, Standardhus, SEK	Kostnad, Nollenergihus, SEK
DN 40	80	550	20 000	120 000
DN 50	510	310	140 000	80 000
DN 65	290	430	90 000	140 000
DN 80	370	90	140 000	40 000
DN 100	170	530	100 000	310 000
DN 125	490	-	410 000	0
Totalt	1 910	1 910	900 000	690 000

- förekommer ej

Skillnaden i miljöpåverkan och kostnad mellan dessa distributionsnät är så pass marginell att den inte anses vara avgörande för valet av byggnadstyp för Västra Eriksberg och bortses därmed från i den fortsatta rapporten.

---

<sup>171</sup> Nordström 2005

<sup>172</sup> Christensen 2005

<sup>173</sup> Ibid.

<sup>174</sup> Nordström 2005

<sup>175</sup> Christensen 2005

<sup>176</sup> Nordström 2005

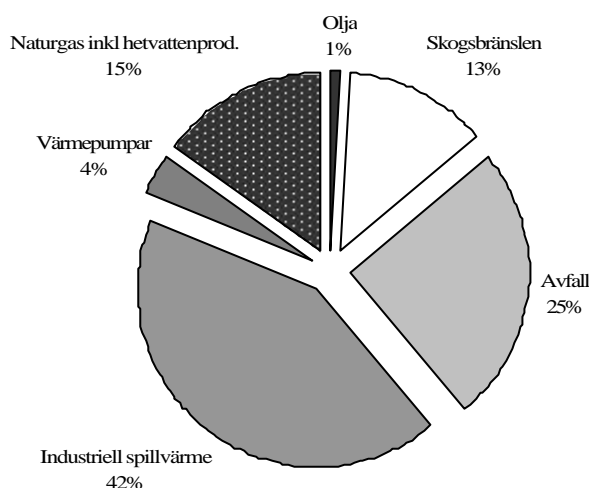
## 10.3 Värmeproduktionssystem

För att förenkla studien har tre systemlösningar med maximalt två olika värmeproduktionsalternativ studerats mer ingående. Valet av systemlösningar har skett utifrån ByggaBoDialogens mål om att värmeförsörjning senast år 2025 till största delen ska komma från förnybar energi. I diagrammen som visar systemens bidrag till miljöhoten särredovisas den extra eltilförsel som Nollenergihus får genom FTX-systemet för att tydliggöra dess betydelse.

För närvärme lösningarna finns en möjlighet att installera en katalysator och därmed reducera utsläppen av kväveoxider med upp till 90 procent. Kostnaden för detta uppskattas till mellan 80 och 100 SEK per reducerat kg kväveoxider<sup>177</sup>.

### *Fjärrvärme - FJÄRRVÄRME*

Hela områdets värmebehov förses med fjärrvärme. Idag består fjärrvärmeproduktionen i Göteborg till 34 procent av förnybar energi. I denna andel ingår förbränning av bibränsle och 85 procent av avfallsförbränningen, vilket motsvarar andelen förnybart material i avfallet<sup>178</sup>. Den största delen av den industriella spillvärmen kommer från Göteborgs raffinaderier<sup>179</sup>, se Figur 15. Göteborg Energi AB belastar idag spillvärmen med nollutsläpp<sup>180</sup>.



**Figur 15** Göteborg Energi AB:s fjärrvärmeproduktion år 2004 uppdelad i olika källor. (Göteborg Energi AB (a) 2005)

Idag bygger Göteborg Energi AB en ny naturgaseldad kraftvärmeanläggning, Ryaverket, med en kapacitet på cirka 35 procent av det totala värmebehovet i fjärrvärmenätet.<sup>181</sup>

### *Närvärme från pellets och naturgas – PELLETS/NG*

Detta system innebär värmeproduktion i en närvärmeanläggning där pellets står för baslasten, cirka 90 procent av energibehovet och naturgas täcker spetslasten.

<sup>177</sup> Stripple 2005

<sup>178</sup> Leire 2005

<sup>179</sup> Göteborg Energi AB (a) 2005

<sup>180</sup> Blechingberg 2005

<sup>181</sup> Göteborg Energi AB (b)



### Närvärme från värmepumpar och naturgas – VÄRMEPUMPAR/NG

Det sista systemet är en närvärmeanläggning där värmepumpar förser området med 90 procent av energibehovet och där naturgas täcker resten. Systemet kan anses mer eller mindre förnybart beroende på hur den el som används för att driva värmepumparna är producerad.

Utifrån de förutsättningar som ges i Tabell 12 ställs systemens luftemissioner i relation till de totala luftutsläppen från Energi- och uppvärmningssektorn i Göteborg. Därefter beräknas hur ovanstående system inverkar på miljöhoten: växthuseffekten, försurning, övergödning, marknära ozon och partiklar. Slutligen presenteras kostnadsberäkningar för respektive system.

**Tabell 12** Totala energi- och effektbehov för uppvärmning och tappvarmvatten för Västra Eriksberg.

	Standardhus	Nollenergihus
Effektbehov, kW	4 105	1 300
Energibehov, MWh	8 925	3 825

### 10.3.1 Miljö

#### Jämförelse mellan utsläpp från Västra Eriksberg och situationen i Göteborg

För att få en tydligare bild av hur stor den ökade miljöbelastningen, som uppvärmningssystemet i Västra Eriksberg medför, har de beräknade utsläppen för området jämförts med dagens utsläppsnivåer i Göteborg<sup>182</sup>, se Tabell 13. Det är enbart den miljöpåverkan som systemlösningar för Standardhus ger upphov till som redovisats, eftersom dessa innebär de största potentiella emissionerna i Västra Eriksberg.

**Tabell 13** Jämförelse mellan utsläppen i Göteborg och de från de olika systemlösningarna för Standardhus.

Luftemissioner	FJÄRRVÄRME	PELLETS/ NG	VÄRMEPUMPAR/ NG	Totala utsläpp från Energi- och uppvärmningssektorn Göteborg år 2004	Totala utsläpp i Göteborg år 2004
Koldioxid, ton/år	558	269	346	472 946	2 625 231
Kväveoxider, kg/år	1 391	4 196	296	544 000	9 534 000
Svaveldioxid, kg/år	829	1 394	216	237 000	1 761 000
Flyktiga organiska Kolväten, kg/år <sup>a</sup>	265	1 148	732	53 000	13 587 000
Partiklar, kg/år	75	600	55	53 000	428 000

<sup>a</sup> Metanutsläppen har adderats till övriga flyktiga organiska kolväten.

I Tabell 13 framgår att tillskottet av luftemissioner från alla systemlösningar utgör en väldigt liten del av Energi- och uppvärmningssektorns och Göteborgs totala utsläpp, detta trots att luftemissionerna från hela bränslekedjan är medräknade.

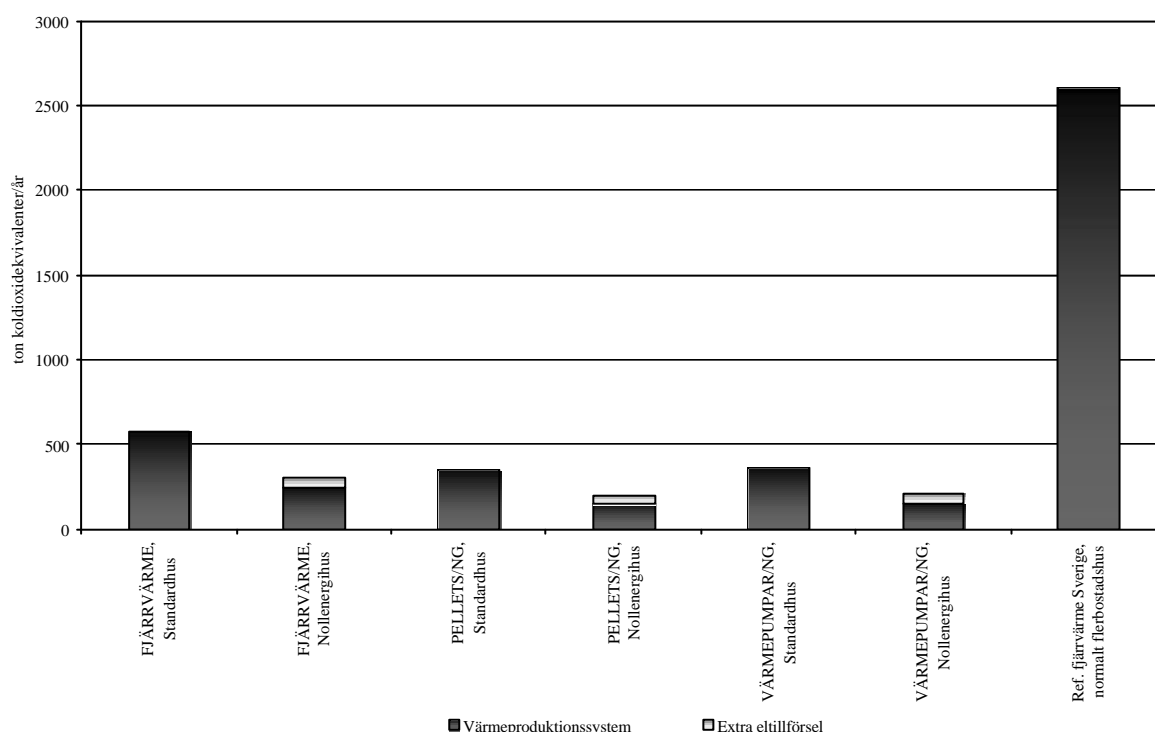
<sup>182</sup> Göteborgs Miljöförvaltning 2005

## Växthuseffekten

I Göteborg står uppvärmningssektorn för en betydande del, 18 procent, av alla koldioxidemissioner. Koldioxidekvivalenterna för varje system har beräknats enligt Ekvation 1<sup>183</sup> och presenteras i Figur 16.

Ekvation 1  $\text{koldioxid (g)} \times 1 + \text{metan (g)} \times 21 + \text{dikväveoxid/lustgas (g)} \times 310$

Koldioxid är det dominerande utsläppet för alla tre system. Från FJÄRRVÄRME är det förbränning av avfall och naturgas som dominerar utsläppen. Från PELLETS/NG och VÄRMEPUMPAR/NG är det förbränning av naturgas som orsakar de största emissionerna av koldioxid. För VÄRMEPUMPAR/NG är det avgörande varifrån elen kommer ifrån. I Figur 16 är elen svenskproducerad, men hade den istället kommit från ett koleldat kraftverk hade utsläppsnivån varit 100 gånger högre. Referensens bidrag till växthuseffekten kommer främst från utsläpp av koldioxid vid förbränning av fossila bränslen.



**Figur 16** Visar de olika systemens bidrag till växthuseffekten uttryckt i ton koldioxidekvivalenter per år för hela Västra Eriksberg. Att PELLETS/NG får så pass stor påverkan beror framförallt på förbränning av naturgas. I figuren ses också att valet av energisystem är betydande, men än mer betydande är valet av byggnadstyp. Alla Standard- och Nollenergihus har mycket lägre utsläpp än referensobjektet.

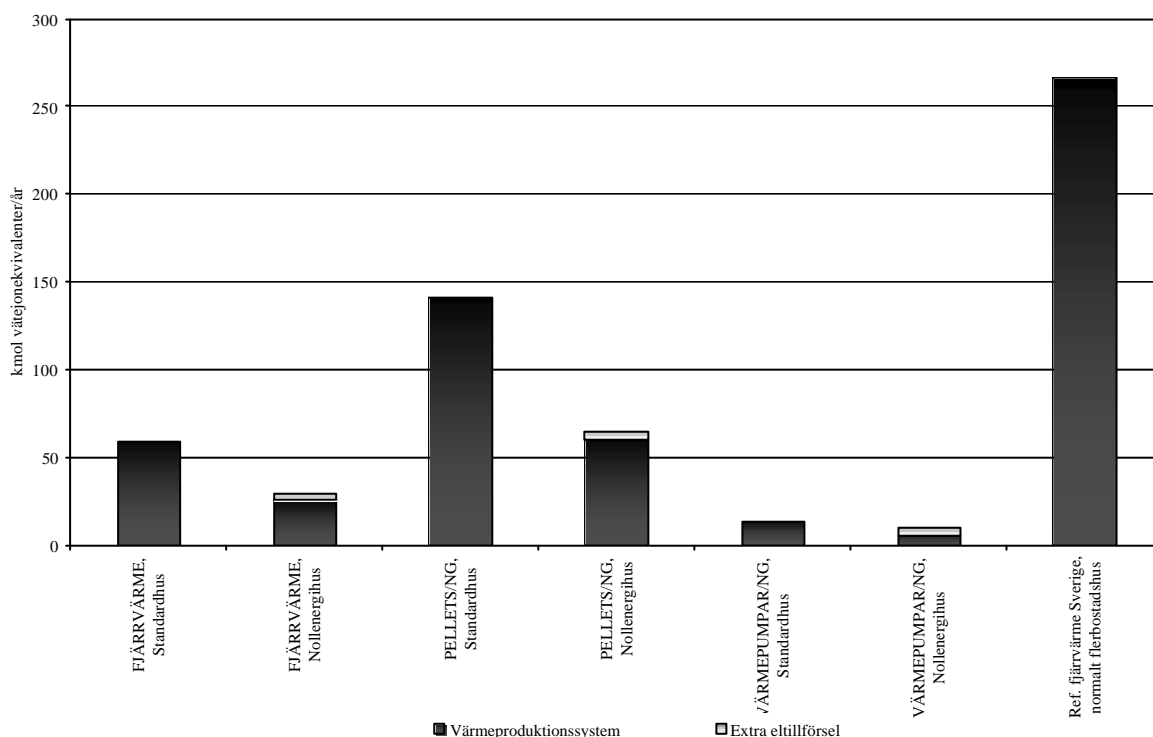
<sup>183</sup> Svenska Miljöstyrningsrådet 2000

## Försurning

Energisektorns bidrag till försurningen kommer från luftemissioner av svaveldioxid, kväveoxider och ammoniak och beräknas enligt Ekvation 2<sup>184</sup> och redovisas i Figur 17.

Ekvation 2  $\text{kväveoxider (g)} \times 0,0217 + \text{svaveldioxid (g)} \times 0,0312 + \text{ammoniak (g)} \times 0,0587$

Svaveldioxid och kväveoxider är de dominerande emissionerna för systemen. FJÄRRVÄRME bidrar främst till försurningen genom utsläpp av kväveoxider från förbränning av avfall och skogsbränsle. Från PELLETS/NG är det också kvävedioxid som är det dominerade utsläppet, dock kommer 40 procent från produktion och distribution. Det största bidraget till försurningen från VÄRMEPUMPAR/NG är svaveldioxid och dessa sker främst vid elproduktion. För VÄRMEPUMPAR/NG ser man att den extra elen till FTX-systemet har stor relativ betydelse. Referensens bidrag består till största delen av svaveldioxidutsläpp i samband med förbränning av olja och skogsbränslen.



**Figur 17** Visar de olika systemalternativens bidrag till försurningen. Att PELLETS/NG har den största miljöpåverkan beror till stor del på de stora mängder kväveoxider som bildas vid förbränning, men också från utsläpp i samband med produktion och distribution. Den extra elen till FTX-systemet har stor relativ betydelse för VÄRMEPUMPAR/NG.

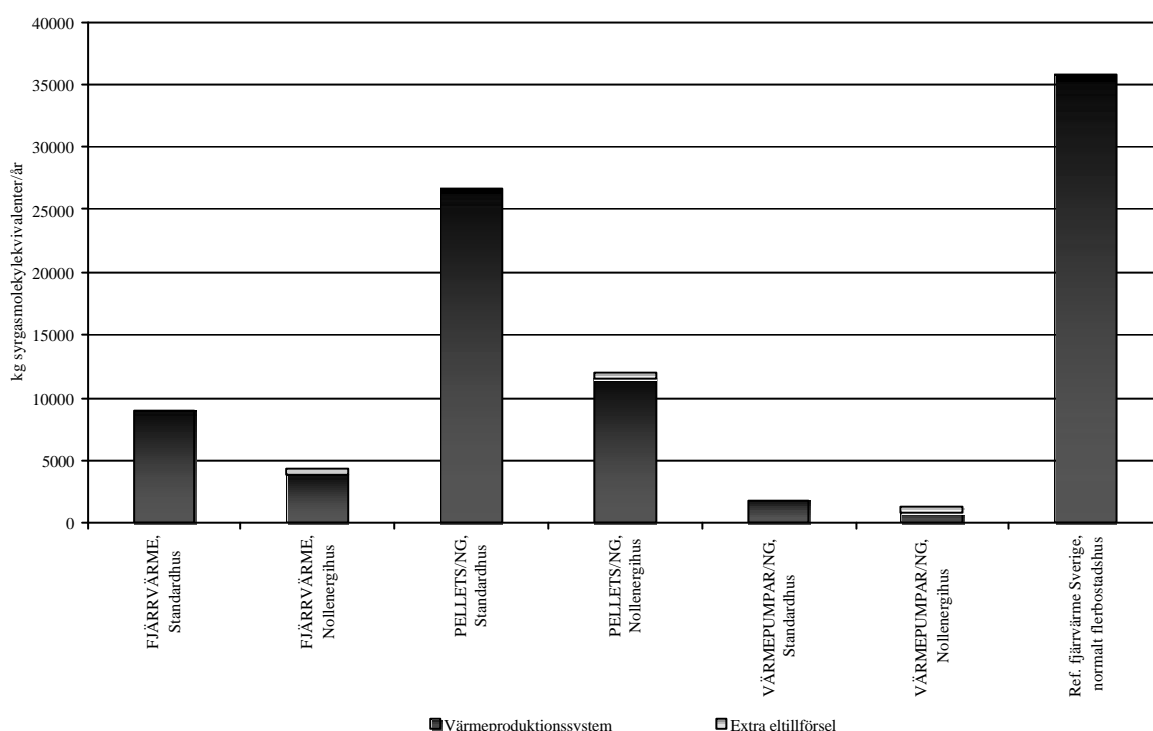
<sup>184</sup> Svenska Miljöstyrningsrådet 2000

## Övergödning

Det är utsläpp av kväveoxider och ammoniak som i huvudsak bidrar till övergödningen i samband med värmeproduktion. Bidraget till övergödning har beräknats utifrån Ekvation 3<sup>185</sup> och resultatet för systemen visas i Figur 18.

Ekvation 3 kväveoxider (g)×6 + ammoniak (g)×16

För samtliga system är utsläpp av kväveoxider det största bidraget till övergödning. Utsläppen av kväveoxider från VÄRMEPUMPAR/NG kommer huvudsakligen från förbränning av olja och skogsbränslen vid elproduktion. Förbränning av skogsbränslen är den främsta orsaken till referensens utsläpp av kväveoxider. De övriga systemens utsläpp av kväveoxider har redovisats tidigare i detta kapitel; i avsnittet om försurning. På grund av att VÄRMEPUMPAR/NG har små utsläpp får den extra elen till FTX-systemet stort genomslag.



**Figur 18** Visar de olika systemalternativens bidrag till övergödningen. PELLETS/NG bidrar mest, vilket kommer av de höga emissionerna av kväveoxider vid förbränning samt vid produktion och distribution. Den extra elen till FTX-systemet får störst betydelse för VÄRMEPUMPAR/NG.

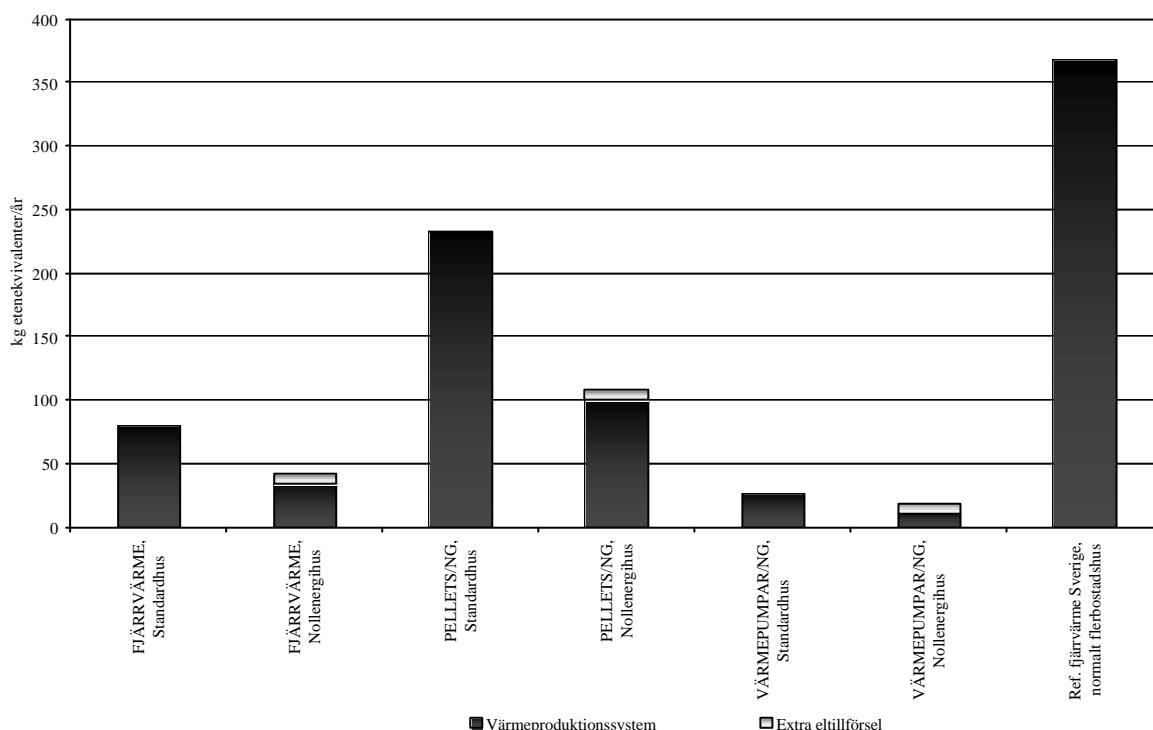
<sup>185</sup> Svenska Miljöstyrningsrådet 2000

## Marknära ozon

Det är främst emissioner av flyktiga organiska kolväten, exklusive metan, och kolmonoxid som bidrar till bildandet av marknära ozon vid el- och värmeproduktion. Den inverkan som de olika systemlösningarna har på bildandet av marknära ozon beräknas enligt Ekvation 4<sup>186</sup> och presenteras i Figur 19.

Ekvation 4 flyktiga organiska kolväten exkl. metan (g)×0,416 + kolmonoxid (g)×0,04

Samtliga system, och referensen, bidrar främst till bildandet av marknära ozon genom utsläpp av flyktiga organiska kolväten, som uppkommer vid förbränning av trädbränsle. Orsaken att PELLETS/NG har så mycket högre utsläpp av etenequivaler, än de andra systemen, beror på att det är svårare att reglera en pelletsanläggning. Även för bildandet av marknära ozon får den extra eltilförseln, i och med FTX-systemet, en relativt stor betydelse för VÄRMEPUMPAR/NG.

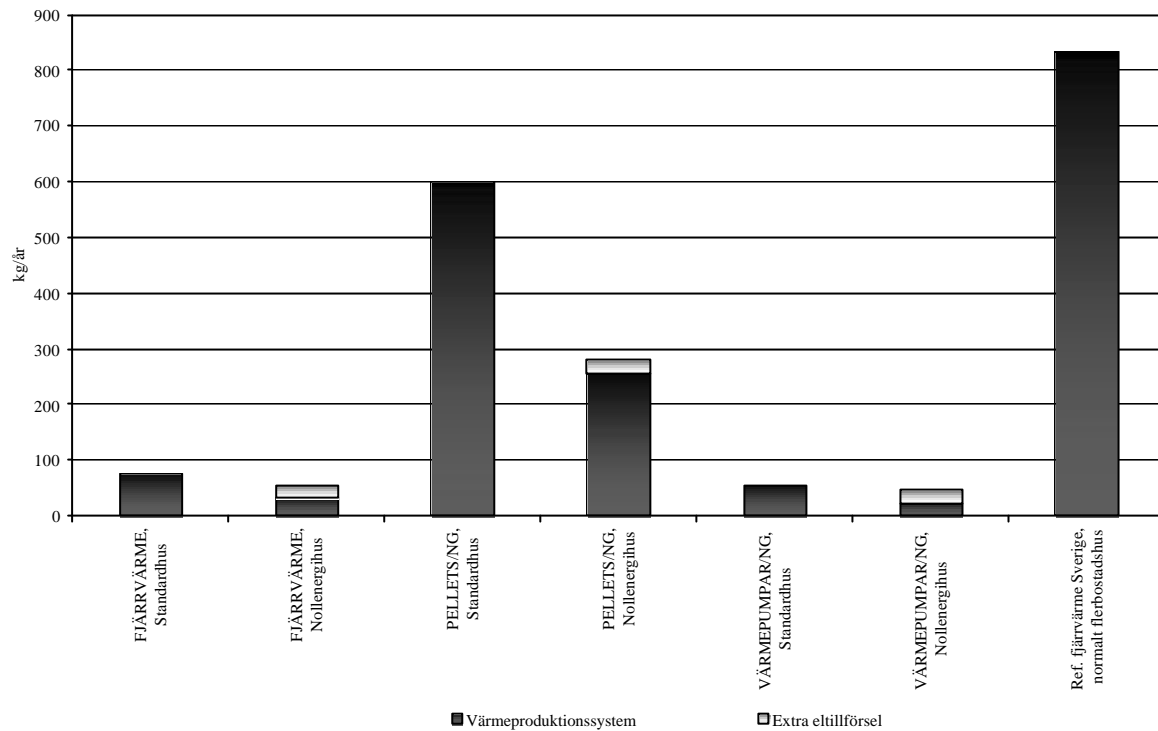


**Figur 19** Visar de olika systemalternativens bidrag till marknära ozon. De höga värdena för PELLETS/NG beror på dess stora andel trädbränsleförbränning. Alla systems bidrag till bildandet av marknära ozon kommer främst av förbränning av trädbränsle. Den extra elen till FTX-systemet får störst inverkan på VÄRMEPUMPAR/NG.

<sup>186</sup> Svenska Miljöstyrningsrådet 2000

## Partiklar

De tre systemens och referensens partikelutsläpp kommer huvudsakligen från förbränning av träbränsle och avfall. Alla systems utsläpp presenteras i Figur 20. PELLETS/NG:s höga utsläpp beror på dess höga andel pelletsförbränning. Den extra elen till FTX-systemet får stor betydelse för både FJÄRRVÄRME och VÄRMEPUMPAR/NG.



**Figur 20** Visar de olika systemalternativens bidrag av partikelutsläpp. De största partikelutsläppen kommer från förbränning av träbränsle, vilket ses tydligt i figuren där PELLETS/NG har de absolut största partikelutsläppen av systemen. Elen till FTX-systemet får störst inverkan på FJÄRRVÄRME och VÄRMEPUMPAR/NG.

### 10.3.2 Totalkostnader och deras känslighet

I Tabell 14 ges de totala kostnaderna förknippade med de tre systemen uppdelade på fasta och rörliga kostnader. Denna uppdelning görs för att tydliggöra vilka som är de största kostnadsposterna för respektive system. Hänsyn har tagits till rörliga kostnader kopplade till andelen baslast respektive spetslast. Sist i tabellen presenteras en totalkostnad uttryckt i SEK/m<sup>2</sup> BRA, år som förutom direkta värmekostnader även inkluderar den extra elkostnaden som FTX-system i Nollenergihus för med sig. För en mer ingående beräkningsgång, se Bilaga 4.

**Tabell 14** Systemlösningarnas fasta och rörliga kostnader samt totalkostnaden.

Systemlösningar	FJÄRRVÄRME		PELLETS/NG		VÄRMEPUMPAR/NG			
	Standard	Nollenergi	Standard	Nollenergi	Standard, berg	Nollenergi, berg	Standard, vatten	Nollenergi, vatten
Fast investeringskostnad, öre/kWh <sub>värme</sub>	-	-	6	9	31	25	13	12
Fast kostnad för drift och underhåll, öre/kWh <sub>värme</sub>	-	-	1	1	8	6	3	2
Bränsle-/elkostnad, baslast, öre/kWh <sub>värme</sub>	50	50	24	24	26	26	26	26
Extra elkostnad för FTX-system, öre/kWh <sub>el</sub>	-	77	-	77	-	77	-	77
Bränslekostnad, topplast, öre/kWh <sub>värme</sub>	-	-	58	58	58	58	58	58
Totalkostnad, öre/kWh <sub>värme</sub>	50	50	35	38	68	60	45	43
Totalkostnad, SEK/m <sup>2</sup> BRA, år	35	22	24	18	48	25	32	20

- innebär att uppgifter inte är relevanta

FJÄRRVÄRME består som tidigare nämnts av enbart fjärrvärme. Eftersom det har varit svårt att få in prisuppgifter från Göteborg Energi AB redovisas endast ett medelpris för fjärrvärme i Sverige.

PELLETS/NG har de totalt lägsta kostnaderna. De fasta kostnaderna blir mindre ju större anläggning som installeras.

VÄRMEPUMPAR/NG beror mycket på valet av värmekälla för värmepumpen. Kostnaden att installera värmepumpsystem är proportionell med effektbehovet. De fasta kostnaderna för värmepumpar, mellan Standardhus och Nollenergihus, skiljer sig mycket åt beroende på att effektbehovet inte är proportionellt mot energibehovet per m<sup>2</sup> BRA, vilket i sin tur beror på tappvarmvattnets sammanlagringseffekter.

För att undersöka hur känsligt systemet är för framtida kostnadsförändringar har beräkningar utförts där de rörliga kostnaderna har ökat med 25 procent. Utslaget av beräkningarna ses i Tabell 15.

**Tabell 15** Systemlösningarnas känslighet för förändring av rörliga kostnader.

Systemlösningar	FJÄRRVÄRME		PELLETS/NG		VÄRMEPUMPAR/NG			
	Standard	Nollenergi	Standard	Nollenergi	Standard berg	Nollenergi berg	Standard vatten	Nollenergi vatten
Totalkostnad SEK/m <sup>2</sup> BRA, år	35	22	24	18	48	25	32	20
Rörligkostnad +25 procent SEK/m <sup>2</sup> BRA, år	+9	+5	+5	+4	+5	+4	+5	+4

Resultatet i Tabell 15 visar att FJÄRRVÄRME och PELLETS/NG är de mest kostnadskänsliga detta då kostnadsökningen utgör 20 – 26 procent av totalkostnaden, medan VÄRMEPUMPAR/NG med bergvärme är det minst känsliga systemet.



# 11 Diskussion

## *Byggnaderna*

Idag sker den huvudsakliga miljöpåverkan som ett nybyggt flerbostadshus för med sig, under byggnadens driftfas. Bygger man mer energisnåla hus flyttas miljöpåverkan från driftfas till byggfas. Detta beror på att man investerar i material och i systemlösningar som innebär ett minskat energibehov under driftfasen. De olika byggmaterialen får härmed en större betydelse för den totala miljöpåverkan och det är viktigt att detta inte förbises.

Nollenergihusens låga energiförbrukning beror till största delen på värmeåtervinning i ventilationssystemet. Det är också ventilationssystemet som står för den största ökningen i miljöpåverkan, beroende på en större materialåtgång och ett ökat elbehov. Jämför man husbyggnation med värmeproduktion ser man emellertid att det totalt sett lönar sig att bygga Nollenergihus framför Standardhus. Det är således driftfasen som har störst betydelse för en byggnads miljöpåverkan, även för dessa två hustyper.

Nollenergihus är inte dyrare att bygga än Standardhus, då kostnaderna för det slopade radiatorsystemet väger upp de merkostnader som kommer med ökad mängd väggmaterial och ett mer avancerat ventilationssystem.

## *Distributionssystem*

Valet av distributionssystem beror på vilket energi- och effektbehov som byggnaderna ska försörjas med. Samtidigt som mindre rördimensioner innebär en minskad miljöpåverkan och kostnad under tillverkning och anläggning, medför mindre dimensioner ökade värmeförluster under driftfasen. Skillnaden i distributionssystem mellan Standard- och Nollenergihus är så pass liten att skillnaden i kostnad och miljöpåverkan här betraktas egal. Detta är emellertid något som kan behöva utredas vidare.

## *Systemlösningar*

I valet av systemlösning för värmeproduktion är det viktigt att ha ett helhetsperspektiv då många av miljöeffekterna får konsekvenser på flera olika geografiska plan. Det är också viktigt att komma ihåg att det är lokala omständigheter och miljöproblem som avgör valet av värmeproduktionssystem. I fallet Västra Eriksberg och valet av dess värmeproduktionssystem är det därför av stor betydelse att se till de rådande miljöproblemen i Göteborg, men också att ställa de faktiska utsläppen från värmeproduktionen för Västra Eriksberg i relation till de totala utsläppen i Göteborg. Denna senare jämförelse visar att oavsett vilket värmeproduktionsalternativ som man väljer för Västra Eriksberg har det marginell betydelse för Göteborgs totala utsläpp. Dock krävs en jämförelse mellan olika systemlösningars miljöpåverkan för att kunna komma fram till det mest lämpliga alternativet.

Solvärme och biogas betraktas i dagsläget inte vara några alternativ för Västra Eriksberg. Solvärme dras idag med höga kostnader och har svårt att till fullo ersätta något annat system. Om solvärme ska vara ett alternativ bör det finnas med tidigt i projekteringsfasen, så att den kan integreras i byggnaderna. Biogas kan i framtiden komma att ersätta naturgas och andra bränslen men idag är möjligheterna begränsade för Västra Eriksberg.

## *FJÄRRVÄRME*

Miljöbelastningen från fjärrvärmen i Göteborg är i relation till den genomsnittliga fjärrvärmeproduktionen i Sverige mycket lägre, beroende på att över 40 procent av fjärrvärmen i Göteborg är industriell spillvärme som inte belastas med några utsläpp. Den mesta spillvärmen i Göteborg kommer emellertid från raffinaderier och det är därför tveksamt om den ska betraktas som en så pass ren värmekälla som den anses vara idag. Visserligen innebär användningen av spillvärme resurseffektivitet, men sättet den produceras på måste få betydelse.

Fjärrvärme är relativt okänsligt för framtida prisförändringar beroende på att ett flertal olika produktionssätt används. En nackdel med fjärrvärme är att man låser sig till ett alternativ och en leverantör och på så sätt får mindre möjligheter att påverka energikostnaderna.

Om Västra Eriksberg ska försörjas med fjärrvärme kan förhållandet mellan de olika värmeproduktionsalternativen förändras. Vilka produktionsalternativ är det som måste öka sin värmeproduktion och ska dessa specifika utsläppsökningar belasta Västra Eriksberg? Detta synsätt kan innebära att utsläpp i samband med fjärrvärmeförsörjning av Västra Eriksberg kan anses komma uteslutande från till exempel naturgasförbränning. Bostadsområdet skulle då belastas med helt andra utsläppsnivåer.

I dagsläget lever inte fjärrvärmen i Göteborg upp till de åtagande som N:a Älvstranden Utveckling har enligt ByggaBoDialogen. Detta kan dock lösas genom att man sluter avtal med Göteborg Energi AB om att försörja Västra Eriksberg med fjärrvärme som producerats från förnybara källor. En effekt av detta kan dock bli att något annat bostadsområde får en större andel fossilproducerad värme, vilket i slutändan innebär samma nettoutsläpp för Göteborg.

Att spekulera i hur Göteborg Energi AB:s kombination av värmeproduktionsalternativ kommer förändras fram till år 2025 är intressant. Kommer andelen förnybar energi att öka, så att Göteborg Energi AB kan uppfylla ByggaBoDialogens mål? Idag bygger Göteborg Energi AB en ny kraftvärmelanläggning för naturgas, Ryaverket, vilken kommer att utgöra cirka 35 procent av den totala fjärrvärmeproduktionen i Göteborg. Anläggningen kommer att göra det möjligt att fasa ut den procent olja som fortfarande finns kvar som reservkraft och det kommer också att vara möjligt att ersätta den el som driver värmepumparna. När detta har gjorts så har Göteborg Energi AB fortfarande en möjlig produktionsökning på åtminstone 25 procent. Frågan är vad dessa 25 procent ska ersätta? Är det värme från avfall, biobränsle eller spillvärme som ska minska, och hur stor blir då nettoeffekten för miljön i och runt Göteborg? Utifrån detta resonemang kommer det bli svårt för Göteborg Energi AB att leva upp till ByggaBoDialogens mål om att värmeenergin till största delen ska komma från förnybara energikällor.

## *PELLETS/NG*

Huvuddelen av den värmeenergi som produceras i denna systemlösning kan betraktas som förnybar. Detta system är den lösning som bidrar minst till växthuseffekten, men har störst påverkan på de andra miljöhoten.

Även om emissionsnivåerna för denna systemlösning generellt sett är högre än för de andra systemen är denna lösning ändå ett möjligt alternativ. Genom att investera i extra reningsutrusning kan till exempel emissioner av kväveoxider reduceras med upptill 90 procent vid förbränning. Trots denna merkostnad skulle detta system ändå vara det billigaste alternativet.

Exakt vilka negativa konsekvenser de relativt höga partikelutsläppen får är idag oklart och behöver utredas vidare. Att det idag inte finns några andra större utsläppskällor kring Västra Eriksberg talar för att de negativa konsekvenserna inte behöver bli så påtagliga.

Två starka skäl till att välja denna systemlösning är att den uppfyller N:a Älvstranden Utvecklings åtagande enligt ByggaBoDialogen samtidigt som den har den lägsta totalkostnaden. Även om PELLETS/NG idag har den lägsta totalkostnaden kan detta komma att förändras i framtiden. Systemet är mest känsligt för förändringar av pelletspriset, vilket har visat en uppåtgående trend de senaste åren. Denna trend kan förstärkas då allt fler väljer att konvertera till pelletsanläggningar i omställningen av energisystemet.

### VÄRMEPUMPAR/NG

Systemlösningen med värmepumpar har nästan inga lokala utsläpp i Göteborg, eftersom de endast kommer ifrån naturgasen som täcker spetslasten. För den lokala situationen i Göteborg kommer systemet därmed alltid vara det bästa alternativet av de tre systemlösningarna. VÄRMEPUMPAR/NG är även totalt sett den bästa lösningen för miljön, förutsatt att elen är svenskproducerad. Kommer elen istället från kolkraft är lösningen den miljömässigt sämsta.

Betraktar man den värmeenergi som man hämtar i berg och vatten som förnybar uppfyller denna lösning åtagandena enligt ByggaBoDialogen oberoende av hur elen är producerad. Om utgångspunkten istället är energi som krävs för att driva systemet är den enda möjligheten att använda sig av miljömärkt el för att uppfylla åtagandena.

En annan aspekt som man måste ta ställning till om man överväger denna systemlösning är om högvärdig energi som el ska användas till uppvärmning. El har många olika användningsområden och att använda denna energiform till uppvärmning kan anses vara resursslöseri. Den totala miljönyttan kan vara mycket större vid en alternativ användning, till exempel då kolkraftproducerad el i Europa kan ersättas med svenskproducerad el. Givetvis finns samma möjlighet för miljömärkt el att ersätta svenskproducerad el.

VÄRMEPUMPAR/NG har den högsta totalkostnaden av alla system då bergvärme används som värmekälla. För att maximera den ekonomiska investeringen bör energibrunnen utnyttjas under hela dess livslängd vilket gör systemet oflexibelt om förutsättningarna förändras i framtiden. Kostnaden för vattenvärme är lägre, men eftersom inte möjligheterna att utnyttja Göta älv har utretts kan inte detta ses som något självklart alternativ utan måste undersökas vidare. Den höga kapitalkostnaden gör VÄRMEPUMPAR/NG mindre känsligt för rörliga kostnader. Det är istället förändringar av kalkylränta och avskrivningstid som får störst påverkan på totalkostnaden.

Ett syfte med rapporten var att hitta ett långsiktigt hållbart värmeproduktionssystem, som levde upp till åtagandena N:a Älvstranden Utveckling har enligt ByggaBoDialogen. Under arbetets gång har det visat sig att ett långsiktigt hållbart värmeproduktionssystem inte nödvändigtvis är synonymt med de mål som ByggaBoDialogen har. Exempelvis är PELLETS/NG det system som entydigt lever upp till målen, men som också har de generellt högsta utsläppsnivåerna. Ett annat exempel är att VÄRMEPUMPAR/NG försedd med kolkraftproducerad el kan anses leva upp till målen medan FJÄRRVÄRME, som bland annat tar tillvara på spillvärme, ej lever upp till målen. Detta sagt utan att rättfärdiga de nollutsläpp som Göteborg Energi AB anser att spillvärme har idag.

## 12 Slutsatser

Resultaten i rapporten och den efterföljande diskussionen visar att Nollenergihus, både ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv, är det bättre alternativet för Västra Eriksberg. Vidare har det, i likhet med tidigare studier, framkommit att den största miljöpåverkan kommer från värmeproduktion och att det därmed lönar sig att bygga mer välisolerade hus.

Valet av värmeproduktionssystem för Västra Eriksberg kommer troligtvis inte ha någon större betydelse för den totala miljösituationen i Göteborg, men valet har ändå en betydelse i arbetet mot ett mer hållbart energisystem.

Enligt ByggaBoDialogen kan alla systemlösningarna ses som tänkbara alternativ för Västra Eriksberg. Vilket system som är mest lämpligt beror på vilka villkor och bedömningsgrunder som används som utgångspunkt. Är kostnaderna den viktigaste parametern pekar det mot systemlösningen PELLETS/NG. Står däremot miljön i fokus är VÄRMEPUMPAR/NG att föredra, förutsatt att elen är miljömärkt eller svenskproducerad. FJÄRRVÄRME kan ses som en medelväg, men uppfyller idag inte åtaganden enligt ByggaBoDialogen. Den övergripande slutsatsen är därmed att valet av värmeproduktionssystem inte är självklart, utan är väldigt villkorsstyrt.

## 13 Referenser

- Adalberth, K. *Energy Use and Environmental Impact of New Residential Buildings*. Report TVBH-1012. Lund, Institutionen för Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola, 2000, ISBN 91-88722-20-1
- Adalberth, K. Energiexpert, Primeproject AB. Telefonkontakt, oktober 2005
- Andersson, M. et. al. *Energioptimering av flerbostadshus i Västra Eriksberg – hållbart byggande i ett livscykelperspektiv*. Göteborg, Högskoleingenjörprogrammet Byggingenjör, Institutionen för Bygg- och Miljöteknik, Chalmers Tekniska Högskola, 2005
- Ardente, F. et. al. *Life cycle assessment of a solar thermal collector*. Renewable Energy, Upplaga 30, Nummer 7, 2005, sidorna 1031-1054
- Axelsson, H. Miljösamordnare, Jernkontoret. Telefonkontakt, oktober 2005
- Berg, R. Teknisk support, IVT Industrier AB. Telefon- och mailkontakt, juni - oktober 2005
- Blechingberg, M. Miljöcontroller, Göteborg Energi AB. Personlig kontakt, september 2005
- Bolminger, S. Projektledare, Norra Älvstranden Utveckling AB. Personlig kontakt under 2005
- Boverket. *Boverkets årsrapport Bygga-Bo-Dialogen 2004*. Karlskrona, Boverkets Publikationsservice, 2004
- Brönmark, C. och Hansson, L-A. *The Biology of Lakes and Ponds*. New York, Oxford University Press Inc., 1998. ISBN 0-19-854972-5
- Christensen, M. Kontaktperson, Göteborg Energi AB. Telefon- och mailkontakt, augusti – oktober, 2005
- Fredriksen, S. och Werner, S. *Fjärrvärme – teori, teknik och funktion*. Lund, Studentlitteratur, 1993  
ISBN 91-44-38011-9
- Fröling, M. och Svanström, M. *Miljöbelastning från läggning av fjärrvärmerör*. FOU 2002:60. Stockholm, Svensk Fjärrvärme AB, 2002. ISSN 1402-5191
- Grönberg, K. VVS-Ingenjör (& Diplomerad Marknadsekonom), Energi-produkter Kjell Grönberg AB. Telefon- och mailkontakt, juni - oktober 2005
- Göteborg Energi AB (a). *Årsredovisning med miljöredovisning 2004*, Göteborg Energi AB, 2005
- Göteborg Energi AB (b). *Rya Kraftvärmeverk – till glädje för alla som bor och verkar i Göteborg*. Göteborg Energi AB
- Göteborgs Miljöförvaltning. *Miljörapport 2004 – en beskrivning av miljötilståndet i Göteborg*. R 2005:9. Göteborg, Göteborgs Miljöförvaltning, 2005. ISSN 1401-2448
- Jacob, D. J. *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton, Princeton University Press, 1999  
ISBN 0-691-00185-5
- Jensen, L. Professor, Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola. Personlig kontakt, september 2005
- Larsson, M. *Prisblad för biobränslen, torv m m, Nummer 3 / 2005*, Energimyndigheten. Hämtad på Internet, <http://www.stem.se/>, under Publikationer/Förlaget. Sökord: Prisblad
- Leire, E. Prefekt och kursansvarig för kursen avfallshantering, Institutionen för Teknik och Samhälle, Lunds Tekniska Högskola. Telefonkontakt, augusti 2005
- Lennermo, G. Civ. Ing./Energikonsult, Energianalys AB. Telefon- och mailkontakt, juni 2005

Lillsjö, J. Kontaktperson, Teknik och Information, Svenska Energi och Värme pumpföreningen. Telefonkontakt, oktober 2005

Länsstyrelsen och Skogsvårdsstyrelsen i Västra Götalands län. *Hur går det? – en sammanfattning av Länsstyrelsens och Skogsvårdsstyrelsens bedömningar av hur det går med miljömålen*. Hämtat på Internet den 17 oktober 2005. <http://www5.o.lst.se/miljomal/>

Marklund, E. Statistiker, SCB. Telefonkontakt, september 2005

Miljödepartementet. *Tänk nytt, tänk hållbart! – att bygga och förvalta för framtiden. En rapport från Miljövärdsberedningens dialog Bygga/Bo*. Stockholm, Miljödepartementet, 2000. ISSN 0375-250x

Miljödepartementet. *Förordning om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft*. SFS 2001:527. 2001

Miljömålsrådet. *Miljömålen – för barnens skull! De Facto 2005*. Naturvårdsverket, 2005. ISBN 91-620-1240-1

Nationalencyklopedin. Information inhämtad på Internet 2005-10-12, ne.se, sökord: biobränsle

Nilsson, P. O. (red). *Energi från Skogen*. Uppsala, SLU, 1999. ISBN 91-576-5692-4

Nordström, L. Säljare, Lögstör Rör Sverige AB. Telefonkontakt, oktober 2005

Näslund, M. *Energigasteknik*. Stockholm, Svenska Gasföreningens Service AB, 2003. ISBN 91-86-46435-3

Olsson, B. Statistiker, Statistiska Centralbyrån. Telefonkontakt, september 2005

Perers, B. (a) Forskare, Energi- och Byggnadsdesign, Lunds Tekniska Högskola. Föreläsningar i kursen Energisystemanalys - Förnybara energikällor, Lunds Tekniska Högskola, januari – februari 2005

Perers, B. (b) Forskare, Energi- och Byggnadsdesign, Lunds Tekniska Högskola. Mailkontakt, augusti - oktober 2005

Raffone, P. Arkitekt, Arkitekturkompaniet. Personlig kontakt, mars 2005

Reidhav, C. Forskarstuderande, Byggnadsfysik, Chalmers Tekniska Högskola. Telefonkontakt, oktober 2005

Reistad, N. *Energi- och miljöfysik, Del 1*. Lund, Avdelningen för Atomfysik, Lunds Tekniska Högskola, 2002

Sabelström, H. Handläggare, Naturvårdsverket. Telefonkontakt, oktober 2005

SCB. Energipriser på naturgas och el, inhämtat på Internet, [http://www.scb.se/templates/Product\\_24716.asp](http://www.scb.se/templates/Product_24716.asp), 2005-10-18

Smith, R. L. och Smith, T. M. *Elements of Ecology 4th edition*. San Francisco, Benjamin/Cummings Science Publishing, 2000. ISBN 0-321-04280-8

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Program Västra Eriksberg*. Göteborg, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 2004

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Detaljplan för Västra Eriksberg – samrådshandling*. Göteborg, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 2005

Statens Energimyndighet (a). *Energiläget 2004*. Rapport ET 17:2004. Eskilstuna, Statens energimyndighet, 2004

Statens Energimyndighet (b). *Värme i Sverige 2004 - en uppföljning av värmemarknaderna med fokus på fjärrvärme*. Eskilstuna, Statens Energimyndighet

Streicher, E (dipl - Ing.), Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik Universität Stuttgart. Mailkontakt, september 2005

Stridh, O. Innesäljare, NIBE Villavärme. Telefonkontakt, oktober 2005

Stripple, H. Forskare, IVL. Telefon och mailkontakt, juni - oktober 2005

Svenska Fjärrvärmeföreningen. *Fjärrvärmecentralen - utförande och installation*. Upphandlingsserie FVF:F101. Stockholm, Svensk Fjärrvärme AB, 2001. ISSN 1401-9264

Svenska Miljöstyrningsrådet. *Bestämmelser för certifierade byggvarudeklarationer, EPD, Svensk tillämpning av ISO TR 14025 typ III Miljödeklarationer*. MSR 1999:2. AB Svenska Miljöstyrningsrådet, 2000

Svenska Värmepumpsföreningen (a). *Fakta om värmepumpar och anläggningar*. Umeå, SVEP Info & Service AB, 2004

Svenska Värmepumpsföreningen (b). *Fakta om köldbärare och köldmedier*. Umeå, SVEP Info & Service AB, 2004

Svenska Värmepumpsföreningen (c). *Fakta om bergvärme*. Umeå, SVEP Info & Service AB, 2004

Svenska Värmepumpsföreningen (d). *Fakta om vattenvärme*. Umeå, SVEP Info & Service AB, 2004

Svenska Värmepumpsföreningen (e). *Fakta om luftvärme*. Umeå, SVEP Info & Service AB, 2004

Svenska Värmepumpsföreningen. *Fakta om energibrunn*. Umeå, SVEP Info & Service AB, 2003

Svenskt Gastekniskt Center. *Energigas och Miljö*. Malmö, Svenskt Gastekniskt Center AB, 2005. ISBN 91-85207-02-0

Svensson, B. Teknisk chef, IV Produkt AB. Telefonkontakt, oktober 2005

Svensson, L. Säljare, Lindab Sverige AB. Telefon- och mailkontakt, augusti-oktober 2005

Swietlicki (a), E. Professor, Avdelningen för kärnfysik, Lunds Tekniska Högskola. Mailkontakt, november 2005

Swietlicki (b), E. Professor, Avdelningen för kärnfysik, Lunds Tekniska Högskola. Föreläsning 6 i kursen Atmosfärskemi,, Lunds Tekniska Högskola, maj 2005

TNC. *Byggekonomiska termer*. Solna, Tekniska nomenklaturcentralen, 2000

UNDP/UNDESA/WEC/ed. Goldemberg, J. *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York, United Nations Development Programme, 2000. ISBN 92-1-126126-0

Uppenberg, S. et. al. *Miljöfaktaboken för bränslen. Del 2. Bakgrundsinformation och tekniskbilaga*. Rapport B 1334-2B. Stockholm, IVL, 2001

Wahlström, Å. et. al. *Miljöpåverkan från byggnaders uppvärmningssystem*. Rapport 2000:01. Borås, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 2001. ISBN 91-7848-824-9

Warfvinge, C. Universitetslektor, Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola. Personlig kontakt, september 2005

Westerholm, T. Innesäljare, NIBE Villavärme. Telefonkontakt, augusti 2005

Zander, M. Serviceledare, YIT Sverige AB. Telefonkontakt, augusti 2005





# Bilaga 1

## Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus

### Mängder

#### Väggar

##### Standardhus

<i>Variabler</i>	Cellplast Putsskiva	80 mm
	Mineralull	145 mm
	Stålregelverk	145 mm

##### Nollenergihus

<i>Variabler</i>	Cellplast Putsskiva	200 mm
	Mineralull	195 mm
	Stålregelverk	195 mm

Total väggarea/hus<sup>187</sup>: 2 220 m<sup>2</sup> vägg

Bruttoarea/hus<sup>188</sup>: 4 200 m<sup>2</sup> BRA

→ Väggarea/m<sup>2</sup> BRA: 0,5286 m<sup>2</sup> vägg/m<sup>2</sup> BRA

##### *Cellplast Putsskiva*

**Standardhus:** 0,08 m<sup>3</sup> cellplast/m<sup>2</sup> vägg \* 0,5286 m<sup>2</sup> vägg/m<sup>2</sup> BRA = **0,04 m<sup>3</sup> cellplast/m<sup>2</sup> BRA**

**Nollenergihus:** 0,20 m<sup>3</sup> cellplast/m<sup>2</sup> vägg \* 0,5286 m<sup>2</sup> vägg/m<sup>2</sup> BRA = **0,11 m<sup>3</sup> cellplast/m<sup>2</sup> BRA**

##### *Mineralull*

**Standardhus:** 0,145 m<sup>3</sup> mineralull/m<sup>2</sup> vägg \* 0,5286 m<sup>2</sup> vägg/m<sup>2</sup> BRA =

**0,08 m<sup>3</sup> mineralull/m<sup>2</sup> BRA**

**Nollenergihus:** 0,195 m<sup>3</sup> mineralull/m<sup>2</sup> vägg \* 0,5286 m<sup>2</sup> vägg/m<sup>2</sup> BRA =

**0,10 m<sup>3</sup> mineralull/m<sup>2</sup> BRA**

##### *Stålregelverk*

145 mm stålregel, 1 mm tjocklek<sup>189</sup>: 2,09 kg/m stålregel

195 mm stålregel, 1 mm tjocklek<sup>190</sup>: 2,49 kg/m stålregel

I ett av huset som N:a Älvstranden Utveckling bygger idag (Höghuset) används en cc450 stålregelkonstruktion<sup>191</sup>. Denna konstruktion innebär cirka 2,22 m stålregel/m<sup>2</sup> vägg<sup>192</sup>.

Densiteten är<sup>193</sup>: 7 800 kg/m<sup>3</sup> stål

Ovanstående data ger:

Standardhus: (2,09 kg/m stålregel\*2,22 m stålregel/m<sup>2</sup> vägg)/7 800 kg/m<sup>3</sup> stål = 5,95\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup> vägg

Nollenergihus: (2,49 kg/m stålregel\*2,22 m stålregel/m<sup>2</sup> vägg)/7 800 kg/m<sup>3</sup> stål = 7,09\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup> vägg

Vilket omräknat till m<sup>2</sup> BRA blir:

**Standardhus:** 5,95\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup> vägg \* 0,5286 m<sup>2</sup> vägg/m<sup>2</sup> BRA =

**3,1\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup> BRA**

**Nollenergihus:** 7,09\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup> vägg \* 0,5286 m<sup>2</sup> vägg/m<sup>2</sup> BRA =

**3,7\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup> BRA**

---

<sup>187</sup> Ett genomsnitt utifrån hustyperna presenterade i Andersson et. al. 2005

<sup>188</sup> Andersson et. al. 2005

<sup>189</sup> Europrofil 2005

<sup>190</sup> Ibid.

<sup>191</sup> Holmström 2005

<sup>192</sup> Gehrman 2005

<sup>193</sup> Europrofil 2001

## Bilaga 1

### Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus

#### Ventilationssystem

Den största materialskillnaden mellan ett F- och ett FTX-system är mängden material i kanalsystemet. Kanalerna består av kallvalsad stålplåt<sup>194</sup>. Lindabs entreprenör räknar med 20 m<sup>2</sup>, 0,50 mm tjock, stålplåt för 85 m<sup>2</sup> BRA för ett centralbaserat F-system. Materialåtgången av stål för ett centraltbaserat FTX-system uppskattas till 2,2 gånger mer.<sup>195</sup>

Ovanstående uppgifter ger följande:

**Standardhus, F-system:**  $20 \text{ m}^2 \text{ stål} * 5,0 * 10^{-4} \text{ m stål} / 85 \text{ m}^2, \text{ BRA} = 1,2 * 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ stål/m}^2, \text{ BRA}$

**Nollenergihus, FTX-system:**  $2,2 * 1,2 * 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ stål/m}^2, \text{ BRA} = 2,6 * 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ stål/m}^2, \text{ BRA}$

#### Radiatorer

Radiatorerna består till största delen av kallvalsad stålplåt. Med en topp effekt på ca 20 W/m<sup>2</sup> BRA och en genomsnittlig rumstorlek på 15 m<sup>2</sup> kan man använda sig av Thermopanelers modell TP 11-509. Denna radiator har en vikt på 13 kg.<sup>196</sup> Densiteten antas vara densamma som för stålreglarna, 7 800 kg/m<sup>3</sup>, se ovan.

Utifrån ovanstående data:

**Standardhus:**  $(13 \text{ kg stål} / 15 \text{ m}^2 \text{ BRA}) / 7 800 \text{ kg/m}^3 \text{ stål} = 1,1 * 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ stål/m}^2 \text{ BRA}$

**Nollenergihus:** -

Kopparrör används som ledningssystem och man kan räkna med cirka 5 m rör per radiator. Kopparrör med diameter 15 mm väger 0,4 kg/m.<sup>197</sup> Densiteten för koppar är 8 960 kg/m<sup>3</sup>.<sup>198</sup>

Utifrån ovanstående data:

**Standardhus:**  $((5 \text{ m kopparrör} * 0,4 \text{ kg/m}) / 15 \text{ m}^2 \text{ BRA}) / 8 960 \text{ kg/m}^3 \text{ koppar} = 1,5 * 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ koppar/m}^2 \text{ BRA}$

**Nollenergihus:** -

---

<sup>194</sup> Andersson 2005

<sup>195</sup> Svensson 2005

<sup>196</sup> Skeppås 2005

<sup>197</sup> Ibid.

<sup>198</sup> Björk 1994

# Bilaga 1

## Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus

### Luftemissioner

#### Ingående LCI-data

**Tabell 1** LCI-data för cellplast<sup>199</sup>

Utsläpp till luft, cellplast	g/kg isolering
Koldioxid	2 600
Kväveoxider	5
Ammoniak	< 0,001
Stoft	0,91
Kolmonoxid	3,9
Svaveldioxid	7,2
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	0,41
Metan	32

**Tabell 2** LCI-data för mineralull<sup>200</sup>

Utsläpp till luft, mineralull	g/kg isolering
Koldioxid	580-710 (645)
Kolväten inkl. metan	3,7-4,9 (4,3)
Kväveoxider	3,7
Ammoniak	2,7-4,7 (3,7)
Stoft	1,4-1,9 (1,7)
Kolmonoxid	1,1
Svaveldioxid	0,8
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	0,1

(..) markerar det genomsnitt som används i de vidare beräkningarna

**Tabell 3** LCI-data för kallvalsat stål<sup>201</sup>

Utsläpp till luft, kallvalsat stål	g/kg stål
Koldioxid	2 315,7
Kväveoxider	3,3
Ammoniak	Ej uppgifter
Partiklar	1,7
Kolmonoxid	32,7
Svaveldioxid	2,8
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	0,1
Metan	0,7

<sup>199</sup> Boustead 2005

<sup>200</sup> Erlandsson 1998

<sup>201</sup> International Iron and Steel Institute 2002

## Bilaga 1

### Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus

Tabell 4 LCI-data för koppar<sup>202</sup>

Utsläpp till luft, koppar	g/kg koppar
Koldioxid	746
Kolväten inkl. metan	1,2
Kväveoxider	8,3
Ammoniak	Ej uppgifter
Partiklar	1,0
Kolmonoxid	1,8
Svaveldioxid	16,5
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	Ej uppgifter

Utifrån ovanstående LCI-data och materialmängder kan luftutsläppen för hustyperna räknas fram.

### Väggar

#### Cellplast

Densitet<sup>203</sup>: 17 kg/m<sup>3</sup>

Standardhus: 0,04 m<sup>3</sup> cellplast/m<sup>2</sup> BRA

Nollenergihus: 0,11 m<sup>3</sup> cellplast/m<sup>2</sup> BRA

Tabell 5 Luftemissioner relaterade till mängden cellplast för Standard- och Nollenergihus

Utsläpp till luft, cellplast	g/m <sup>3</sup> cellplast	Standardhus, g/m <sup>2</sup> BRA	Nollenergihus, g/m <sup>2</sup> BRA
Koldioxid	44 200	1 768	4 862
Kväveoxider	85	3,4	9,6
Ammoniak	0	0,0	0,0
Stoft	15,5	0,6	1,7
Kolmonoxid	66,3	2,7	7,3
Svaveldioxid	122,4	4,9	13,5
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	7,0	0,3	0,8
Metan	544	21,8	60,0

<sup>202</sup> Lindahl et al. 2002

<sup>203</sup> Moghadam 2005

# Bilaga 1

## Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus

### Mineralull

Densitet<sup>204</sup>: 15 kg/m<sup>3</sup>

Standardhus: 0,08 m<sup>3</sup> mineralull/m<sup>2</sup> BRA

Nollenergihus: 0,10 m<sup>3</sup> mineralull/m<sup>2</sup> BRA

**Tabell 6** Luftemissioner relaterade till mängden mineralull för Standard- och Nollenergihus

Utsläpp till luft, mineralull	g/m <sup>3</sup> mineralull	Standardhus, g/m <sup>2</sup> BRA	Nollenergihus, g/m <sup>2</sup> BRA
Koldioxid	9675	774	968
Kolväten inkl. metan	64,5	5,2	6,5
Kväveoxider	55,5	4,4	5,6
Ammoniak	55,5	4,4	5,6
Stoft	25,5	2,0	2,6
Kolmonoxid	16,5	1,3	1,7
Svaveldioxid	12	1,0	1,2
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	1,5	0,12	0,15

### Stålreglar

Densitet<sup>205</sup>: 7 800 kg/m<sup>3</sup>

Standardhus: 3,1\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup> BRA

Nollenergihus: 3,7\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup> BRA

**Tabell 7** Luftemissioner relaterade till mängden stål i stålregelverket för Standard- och Nollenergihus

Utsläpp till luft, kallvalsat stål	g/m <sup>3</sup> stål	Standardhus, g/m <sup>2</sup> BRA	Nollenergihus, g/m <sup>2</sup> BRA
Koldioxid	18 062 460	5 599	6 683
Kväveoxider	25 740	8,0	9,5
Ammoniak	-	-	-
Partiklar	13 260	4,1	4,9
Kolmonoxid	255 060	79	94
Svaveldioxid	21 840	6,8	8,1
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	780	0,24	0,29
Metan	5 460	1,7	2,0

<sup>204</sup> Partheen 2005

<sup>205</sup> Europrofil 2001

# Bilaga 1

## Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus

### Ventilationssystem

Stål, ventilationskanaler

Densitet<sup>206</sup>: 7 800 kg/m<sup>3</sup> (stål)  
Standardhus, F-system: 1,2\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup>, BRA  
Nollenergihus, FTX-system: 2,6\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup>, BRA

Tabell 8 Luftemissioner relaterade till mängden stål i ventilationssystemet för Standard- och Nollenergihus

Utsläpp till luft, kallvalsat stål	g/m <sup>3</sup> stål	Standardhus, g/m <sup>2</sup> BRA	Nollenergihus, g/m <sup>2</sup> BRA
Koldioxid	18 062 460	2 167	4 696
Kväveoxider	25 740	3,1	6,7
Ammoniak	-	-	-
Partiklar	13 260	1,6	3,4
Kolmonoxid	255 060	31	66
Svaveldioxid	21 840	2,6	5,7
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	780	0,09	0,20
Metan	5 460	0,66	1,4

### Radiatorsystem

Stål, radiatorer

Densitet<sup>207</sup>: 7 800 kg/m<sup>3</sup> (stål)  
Standardhus: 1,1\*10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup> stål/m<sup>2</sup>, BRA  
Nollenergihus: -

Tabell 9 Luftemissioner relaterade till mängden stål i radiatorsystemet för Standard- och Nollenergihus

Utsläpp till luft, kallvalsat stål	g/m <sup>3</sup> stål	Standardhus, g/m <sup>2</sup> BRA	Nollenergihus, g/m <sup>2</sup> BRA
Koldioxid	18 062 460	1 987	0
Kväveoxider	25 740	2,8	0
Ammoniak	-	-	0
Partiklar	13 260	1,5	0
Kolmonoxid	255 060	28	0
Svaveldioxid	21 840	2,4	0
Flyktiga organiska Kolväten exkl. metan	780	0,09	0
Metan	5 460	0,60	0

<sup>206</sup> Europrofil 2001

<sup>207</sup> Ibid.

## Bilaga 1

### Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus

<i>Kopparrör</i>	
Densitet <sup>208</sup> :	8 960 kg/m <sup>3</sup> (koppar)
Standardhus:	1,5*10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> koppar/m <sup>2</sup> BRA
Nollenergihus:	-

**Tabell 10** Luftemissioner relaterade till mängden koppar i radiatorsystemet för Standard- och Nollenergihus

<i>Utsläpp till luft, koppar</i>	g/m <sup>3</sup> koppar	Standardhus, g/m <sup>2</sup> BRA	Nollenergihus, g/m <sup>2</sup> BRA
Koldioxid	6 684 160	100	0
Kolväten inkl. metan	10 752	0,2	0
Kväveoxider	74 368	1,1	0
Ammoniak	-	-	0
Partiklar	8 960	0,1	0
Kolmonoxid	16 128	0,2	0
Svaveldioxid	147 840	2,2	0
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	-	-	0

---

<sup>208</sup> Björk 1994

# Bilaga 1

## Materialskillnader mellan Standard- och Nollenergihus

### Referenser

Andersson, M. et. al. *Energioptimering av flerbostadshus i Västra Eriksberg – hållbart byggande i ett livscykelperspektiv*. Göteborg, Högskoleingenjörprogrammet Byggingenjör, Institutionen för Bygg- och Miljöteknik, Chalmers Tekniska Högskola, 2005

Andersson, P. Säljare, Lindab Steel AB. Telefonkontakt, oktober 2005

Björk, L.E. *Nya formelsamlingen, Tabeller och formler enligt anvisningar för centrala prov*. Stockholm, Bokförlaget Natur och Kultur, 1994. ISBN 91-27-72276-7

Boustead, I. *Eco-profiles of the European Plastics Industry, POLYSTYRENE (Expandable)(EPS)*. Bryssel, PlasticsEurope, 2005

Erlandsson, M. *Miljöprofil 98:1 mars 1998, Glasull, Gullfiber*. Sollentuna, Ragn-Sells Miljökonsult AB, 1998

Europrofil . *Fabriksprislista Ytterväggs- & Bjälklagskonstruktioner*. Nora, Europrofil AB, januari 2005

Europrofil. *Varuinformationsblad*. Nora, Europrofil AB, 2001

Gehrman, L. Teknisk säljare, Europrofil AB. Mailkontakt, augusti 2005

Holmström, L. O. Platschef, JK-bygg. Telefonkontakt, augusti 2005

International Iron and Steel Institute. *Life Cycle Inventory Data for Steel Products, Product Cold Rolled Coil, BF-route, Europe average, 1 kg*. Mottaget av Axelsson, H. Miljöhandläggare, Jernkontoret. Mailkontakt, augusti 2005

Lindahl, M. et. al. *En liten lärobok om Livscykelanalys*. Kalmar, Institutionen för Teknik, Högskolan i Kalmar, 2002. ISBN 91-973906-1-5

Moghadam, R. Tekniker, Isover. Telefonkontakt, augusti 2005

Partheen, K. Kontaktperson, Isover. Telefonkontakt, augusti 2005

Skeppås, J, Teknisk Produktionschef, Thermopanel. Telefonkontakt, augusti 2005

Svensson, L. Säljare, Lindab Sverige AB. Telefon- och mailkontakt, augusti-oktober 2005



## Bilaga 2

### Effektberäkningar för Västra Eriksberg beroende av sammanlagringseffekter för tappvarmvatten

Sammanlagringseffekterna beräknas genom att först bestämma det sannolika flödet, Ekvation 1<sup>209</sup>, och sedan beräknas vilken effekt som krävs för att höja vattentemperaturen ett visst antal grader, Ekvation 2<sup>210</sup>.

$$\text{Ekvation 1} \quad q = q_m + O(n \cdot Q_m - q) + A \cdot ((O \cdot q_m)^{0,5}) \cdot ((n \cdot Q_m - q_m)^{0,5})$$

q =		dimensionerande flöde för n lägenheter [l/s]
n =		antal lägenheter
q <sub>m</sub> =	0,15	sammanlagrat flöde per lägenhet [l/s]
Q <sub>m</sub> =	0,2	summa maximalt flöde per lägenhet [l/s]
O =	0,015	sannolikhet för överskridande av q <sub>m</sub>
A =	2,1	sannolikhet för överskridande av q

$$\text{Ekvation 2} \quad P = c_p \cdot q \cdot \Delta T$$

P =		effekt
c <sub>p</sub> =	4,18	specifik värmekapacitet för vatten [kJ/kg·K]
q =	från ekv. 1	dimensionerande flöde för n lägenheter [l/s, kg/s]
Δ T =	45	temperaturhöjning av tappvarmvatten i produktionsanläggning [K]

---

<sup>209</sup> Svenska Fjärrvärmeföreningen 2001

<sup>210</sup> Björk 1994

## Bilaga 2

Effektberäkningar för Västra Eriksberg beroende av sammanlagringseffekter för tappvarmvatten

### Referenser

Björk, L.E. *Nya formelsamlingen, Tabeller och formler enligt anvisningar för centrala prov*. Stockholm, Bokförlaget Natur och Kultur, 1994. ISBN 91-27-72276-7

Svenska Fjärrvärmeföreningen. *Fjärrvärmecentralen – Utförande och installation*. Upphandlingsserie FUF F:101, Stockholm, Svensk Fjärrvärme AB, 2001. ISSN 1401-9264

## Bilaga 3

### Luftemissioner för värmeproduktionssystem

#### Kvantitativa luftemissioner

I Tabell 1 presenteras de faktiska luftemissionerna för möjliga värmeproduktionsalternativ. För grunddata angående pellets och naturgas, se Tabell 2. Grunddata för elproduktion presenteras i Tabell 4 och 5. För grunddata rörande fjärrvärme, se Tabell 10 och 11.

**Tabell 1** Faktiska luftemissioner per producerad kWh<sub>värme</sub>

Luftemissioner, mg/kWh <sub>värme</sub>	Pellets	Naturgas	Värmepump, Sverigemix	Värmepump, kolkraft	Fjärrvärme Göteborg	Fjärrvärme Sverige (ref)
Koldioxid	5 171	255 388	14 659	256 909	62 551	136 130
Dikväveoxid	25	3	0	4	7	14
Metan	93	51	81	3 001	13	247
Kväveoxider	508	127	23	117	156	320
Svaveldioxid	172	14	25	191	93	238
Ammoniak	12	0	0	7	4	5
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	42	15	3	5	17	40
Kolmonoxid	263	42	26	111	51	95
Partiklar	75	1	7	84	8	47

**Tabell 2** Grunddata, luftemissioner, mg/MJ<sub>bränsle</sub>, från pellets och naturgas vid värmeproduktion<sup>211 212</sup>

Luftemissioner, mg/MJ <sub>bränsle</sub>	Pellets	Naturgas
Koldioxid	1221	60300
Dikväveoxid	6	1
Metan	22	12
Kväveoxider	120	30
Svaveldioxid	41	3
Ammoniak	3	0
Flyktiga organiska kolväten exkl. metan	10	4
Kolmonoxid	62	10
Partiklar <sup>213 214 215 216</sup>	18	0

**Tabell 3** Omvandlingsfaktor, verkningsgrad och värmefaktor för värmeproduktionssystem för pellets, naturgas och värmepumpar

Omvandling mg/MJ till mg/kWh	3,6
Verkningsgrad/värmefaktor:	
Pellets <sup>217</sup>	85 %
Naturgas <sup>218</sup>	85 %
Värmepump	3

<sup>211</sup> Uppenberget et. al. 2001

<sup>212</sup> Stripple 2005

<sup>213</sup> Uppenberget et. al. 2001

<sup>214</sup> Stripple 2005

<sup>215</sup> Naturvårdsverket 2005

<sup>216</sup> Forsgren 2004

<sup>217</sup> Stripple 2005

<sup>218</sup> Ibid.

## Bilaga 3

### Luftemissioner för värmeproduktionssystem

#### Luftemissioner från elproduktion

I Tabell 4 ges den svenska elproduktionens bidrag till den totala luftemissionen, beräknat utifrån produktionsmix, Tabell 6 och 7, och grunddata som ges i Tabell 8 och 9. I Tabell 5 ges luftemissionerna från el producerad i kolkraftverk.

**Tabell 4** Luftemissioner från den svenska elproduktionen uttryckt i mg/MJ<sub>el</sub><sup>219 220</sup>

<i>Luftemissioner från den svenska elproduktionen, mg/MJ<sub>el</sub></i>									
Produktionssätt	Kväveoxider	Svaveldioxid	Kolmonoxid	NMVOC <sup>a</sup>	Koldioxid	Dikväveoxid	Metan	Ammoniak	Partiklar <sup>221 222 223 224</sup>
Vatten	0,7	0,2	0,8	0,1	560,0	0,0	0,6	0,0	0,1
Kärnkraft	4,9	4,7	1,2	0,8	1 550,0	0,0	6,0	0,0	1,4
<b>Kraftvärme</b>									
Olja	5,4	10,1	0,9	0,4	4 368,0	0,0	0,2	0,1	1,9
Kol	2,4	3,9	2,2	0,1	5 181,0	0,1	60,5	0,1	1,7
Naturgas	0,5	0,0	0,1	0,0	402,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Trädbränslen	5,1	2,2	16,3	1,3	155,0	0,3	0,3	0,1	0,5
<b>Totalt</b>	<b>19,0</b>	<b>21,1</b>	<b>21,4</b>	<b>2,7</b>	<b>12 216,0</b>	<b>0,4</b>	<b>67,7</b>	<b>0,4</b>	<b>5,6</b>

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

För att kunna jämföra värmeproduktion från värmepumpar beroende varifrån elen kommer, beräknas luftemissionerna som kommer av elproduktion från kolkraftverk. Verkningsgraden är 44 % för ett sådant verk.<sup>225 226</sup>

<sup>219</sup> Uppenberg et. al. 2001

<sup>220</sup> Stripple 2005

<sup>221</sup> Uppenberg et. al. 2001

<sup>222</sup> Stripple 2005

<sup>223</sup> Naturvårdsverket 2005

<sup>224</sup> Forsgren 2004

<sup>225</sup> Uppenberg et. al. 2001

<sup>226</sup> Stripple 2005

## Bilaga 3

### Luftemissioner för värmeproduktionssystem

**Tabell 5** Luftemissioner från elproduktion vid kolkraftverk, så att en jämförelse med värmepumpar drivna av svenskproducerad el ska kunna göras.<sup>227</sup>

<i>Luftemissioner från kolkraftproducerad el, mg/MJ<sub>el</sub></i>							
Kväveoxider	Svaveldioxid	Kolmonoxid	NMVOC <sup>a</sup>	Koldioxid	Dikväveoxid	Metan	Partiklar <sup>228 229 230 231</sup>
97,7	159,1	92,3	4,5	214 090,9	3,4	2 501,1	5,5
							70,2

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

I Tabell 6 ses hur elproduktionen i Sverige fördelar sig på olika kraftslag.<sup>232</sup>

**Tabell 6** Den svenska elproduktionen uppdelad i kraftslag

<i>Sveriges elmix</i>	Andel, %
Vattenkraft	40
Kärnkraft	50
Kraftvärme	10

I Tabell 7 ses hur elproduktionen från kraftvärmen fördelar sig på olika typer av bränslen jämfört den totala svenska elproduktionen.<sup>233</sup>

**Tabell 7** Kraftvärmeproduktion, andel från olika bränslen

<i>Andel bränsle för elproduktion från kraftvärme i Sverige, %</i>	Oolja	Kol	Naturgas	Träbränslen
Kraftvärme	32	33	4	31
Andel av den totala svenska Elproduktionen	3	3	0	3

<sup>227</sup> Uppenberget et. al. 2001

<sup>228</sup> Ibid.

<sup>229</sup> Stripplé 2005

<sup>230</sup> Naturvårdsverket 2005

<sup>231</sup> Forsgren 2004

<sup>232</sup> Statens Energimyndighet 2004

<sup>233</sup> Ibid.

## Bilaga 3

### Luftemissioner för värmeproduktionssystem

I Tabell 8 och 9 ges luftemissioner för elproduktion och för de olika bränslen som ingår i kraftvärmemixen

**Tabell 8** Luftemissioner per producerad MJ<sub>el</sub><sup>234, 235</sup>, grunddata

Luftemissioner, mg/MJ <sub>el</sub>	Kväveoxider	Svaveldioxid	Kolmonoxid	NMVOC <sup>a</sup>	Koldioxid	Dikväveoxid	Metan	Ammoniak	Partiklar
Vattenkraft	1,8	0,38	1,9	0,35	1 400	0,0064	1,55	0,0023	0,23
Kärnkraft	9,7	9,4	2,3	1,6	3 100	0,033	12	0,069	2,8

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

För kraftvärme tas också hänsyn till dess verkningsgrad, som i rapporten approximerats till 60 %.

**Tabell 9** Luftemissioner per MJ bränsle<sup>236, 237</sup>, grunddata för de bränslen som ingår i kraftvärmemixen

Luftemissioner, mg/MJ <sub>bränsle</sub>	Kväveoxider	Svaveldioxid	Kolmonoxid	NMVOC <sup>a</sup>	Koldioxid	Dikväveoxid	Metan	Ammoniak	Partiklar <sup>238, 239, 240, 241</sup>
Olja (Eo1)	101	190	17,7	6,6	81 900	0,544	3,9	1,1	36,5
Kol	43	70	40,59	2	94 200	1,5	1 100,5	2,4	30,9
Naturgas	78	3,3	10	3,6	60 300	0,598	12,1	0	0,33
Biobränslen	99	42,7	315	24,3	3 000	5	5	2,5	8,8

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

<sup>234</sup> Uppenberg et. al. 2001

<sup>235</sup> Stripple 2005

<sup>236</sup> Uppenberg et. al. 2001

<sup>237</sup> Stripple 2005

<sup>238</sup> Uppenberg et. al. 2001

<sup>239</sup> Stripple 2005

<sup>240</sup> Naturvårdsverket 2005

<sup>241</sup> Forsgren 2004

## Bilaga 3

### Luftemissioner för värmeproduktionssystem

### Luftemissioner från fjärrvärmeproduktion

I Tabell 10 och 11 ges de totala luftemissionerna från fjärrvärmeproduktionen i Göteborg 2004 och i Sverige 2003, beräknade utifrån data som ges i Tabell 12 och 13.

**Tabell 10** Totala utsläpp från fjärrvärmeproduktionen i Göteborg 2004

Luftemissioner, mg/MJ <sub>värme</sub>	Kväveoxider	Svaveldioxid	Kolmonoxid	NMVOC <sup>a</sup>	Koldioxid	Dikväveoxid	Metan	Ammoniak	Partiklar
Olja	1,4	2,1	0,2	0,1	900,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Skogsbränsle	14,1	6,1	3,6	3,5	428,6	0,7	0,7	0,4	1,3
Avfall	17,0	16,8	8,6	0,5	6 960,2	1,1	0,1	0,9	0,6
Industriell spillvärme									
Produktion från Värmepumpar	0,3	0,3	0,3	0,0	162,9	0,0	0,9	0,0	0,1
Naturgas	10,6	0,5	1,5	0,6	8 923,5	0,1	1,9	0,0	0,1
<b>Totalt</b>	<b>43,3</b>	<b>25,8</b>	<b>14,1</b>	<b>4,6</b>	<b>17 375,1</b>	<b>2,0</b>	<b>3,7</b>	<b>1,2</b>	<b>2,3</b>

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

**Tabell 11** Totala utsläpp från fjärrvärmeproduktionen i Sverige 2003

Luftemissioner, mg/MJ <sub>värme</sub>	Kväveoxider	Svaveldioxid	Kolmonoxid	NMVOC <sup>a</sup>	Koldioxid	Dikväveoxid	Metan	Ammoniak	Partiklar
Olja	13,5	20,9	1,9	0,7	9 000,0	0,1	0,4	0,1	4,0
Kol	4,7	4,7	2,7	0,1	6 350,6	0,8	74,2	0,1	2,1
Trädbränsle	31,5	13,6	8,0	7,7	956,0	1,6	1,6	0,8	2,8
Tallbecksoolja	13,5	7,9	0,5	1,0	725,3	0,2	0,4	0,1	1,1
Avfall	6,8	6,7	3,4	0,2	2 784,1	0,5	0,1	0,3	0,2
Industriell spillvärme									
Elenergi till elpannor	0,2	0,2	0,2	0,0	122,2	0,0	0,7	0,0	0,1
Produktion från Värmepumpar	0,6	0,7	0,7	0,1	407,2	0,0	2,3	0,0	0,2
Torv	6,2	10,8	7,1	0,7	7 355,3	0,7	-13,1	0,1	2,5
Naturgas inkl hetvattenprod.	12,0	0,6	1,7	0,6	10 113,3	0,1	2,1	0,0	0,1
<b>Totalt</b>	<b>89,0</b>	<b>66,1</b>	<b>26,3</b>	<b>11,2</b>	<b>37 813,9</b>	<b>3,9</b>	<b>68,6</b>	<b>1,5</b>	<b>13,0</b>

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

## Bilaga 3

### Luftemissioner för värmeproduktionssystem

**Tabell 12** Grunddata, luftemissioner från de bränslen som används för fjärrvärmeproduktion <sup>242, 243</sup>

Luftemissioner, mg/MJ <sub>bränsle</sub>	Kväveoxider	Svaveldioxid	Kolmonoxid	NMVOC <sup>a</sup>	Koldioxid	Dikväveoxid	Metan	Ammoniak	Partiklar <sup>244 245 246 247 248</sup>
Olja	123	190	17,7	6,6	81 900	0,544	3,9	0,60017	36,5
Kol	69	70	40,59	2	94 200	12	1 100,5	1,7	30,9
Skogsbränslen	99	42,7	25	24,3	3 000	5	5,0	2,5	8,8
Talbecksolja	409	240	15,2	30	22 000	5,031	11,1	2,515	32,9
Avfall	59,8	59,2	30,11	1,62	24 500	4	0,5	3	1,97
Industriell spillvärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eitillförsel, mg/MJ <sub>e1</sub>	19,0	21,1	21,4	2,7	12 216,0	0,4	67,7	0,4	5,6
Torv	88,0	152,4	100,0	10,0	104 200,0	9,8	-185,0	1,2	35,0
Naturgas inkl hetvattenprod.	69	3,3	10	3,6	58 300	0,598	12,1	0	0,33

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

<sup>242</sup> Uppenberget et. al 2001

<sup>243</sup> Strippel 2005

<sup>244</sup> Uppenberget et. al. 2001

<sup>245</sup> Strippel 2005

<sup>246</sup> Naturvårdsverket 2005

<sup>247</sup> Forsgren 2004

<sup>248</sup> Renova AB



## Bilaga 3

### Luftemissioner för värmeproduktionssystem

**Tabell 13** Verkningsgrad och värmefaktor för olika bränslens värmeproduktionssystem, samt andelen av respektive bränsle i fjärrvärme-  
produktion för Göteborg respektive för Sverige<sup>249 250 251</sup>

Bränsle	Verkningsgrad, %	Andel, %, Göteborg 2004	Andel, %, Sverige 2003
Olja	91	1	10
Kol	89		6
Skogsbränslen	91	13	29
Tallbecksolja	91		3
Avfall	88	25	10
Industriell spillvärme		42	8
Elenergi till elpannor	100		1
Produktion från Värmepumpar	300 <sup>a</sup>	4	10
Torv	85		6
Naturgas inkl hetvattenprod.	98	15	17

<sup>a</sup> värmefaktor 3

---

<sup>249</sup> Uppenberget et. al. 2001

<sup>250</sup> Göteborg Energi AB 2005

<sup>251</sup> Värn 2005

## Bilaga 3

### Luftemissioner för värmeproduktionssystem

#### Referenser

Statens Energimyndighet. *Energiläget 2004*. Rapport ET 17:2004. Eskilstuna, Statens Energimyndighet, 2004

Forsgren, A. *Lathund Förbränning – miljö Begrepp – sorter – omvandlingar*. Stockholm, Naturvårdsverket, 2004. ISBN 91-620-4438-9

Göteborg Energi AB. *Årsredovisning med miljöredovisning 2004*, Göteborg Energi AB, 2005

Naturvårdsverket. *Förbränningsanläggningar för energiproduktion inklusive rökgaskondensering (utom avfallsförbränning)*. Stockholm, Naturvårdsverket, 2005. ISBN 91-620-8196-9

Renova, *Miljörapport Sävenäs 2004*. Göteborg, Renova AB

Stripple, H. Forskare, IVL. Telefon- och mailkontakt, juni - oktober 2005

Uppenberg, S. et. al. *Miljöfaktaboken för bränslen. Del 2. Bakgrundsinformation och tekniskbilaga*. Rapport B 1334-2B. Stockholm, IVL, 2001

Wärn, L. Informatör, Svensk Fjärrvärme. Telefonkontakt, juli 2005

## Bilaga 4 Kostnader

Tabell 1 Kostnader för olika värmeproduktionsalternativ

Anläggning	Pellets <sup>a</sup>	Pellets <sup>a</sup>	Naturgas	Naturgas	Naturgas	Värmepump, berg	Värmepump, berg	Värmepump, berg	Värmepump, vatten	Värmepump, vatten	Fjärrvärme	Fjärrvärme	Sol <sup>b</sup>
Effekt, MW	0,5 - 1	1-3	1-3	3-6	0,78	2,5	0,78	2,5	0,78	2,5			Direktkopplat mot fjärrvärme
Hustyp	Noll	Standard	Noll	Standard	Noll	Standard	Noll	Standard	Noll	Standard	Noll	Standard	
Grundinvestering, SEK	3 750 000	5 750 000	2 000 000	3 750 000	10 900 000	34 500 000	10 900 000	34 500 000	3 600 000	10 900 000	0	0	4500
Restvärde, SEK	0	0	0	0	2 800 000	8 900 000	2 800 000	8 900 000	0	0	0	0	0
Kalkylränta, %	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Avskrivningstid, år <sup>252</sup>	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20 <sup>253</sup>
Fasta kostnader med annuitetmetoden <sup>c</sup> , SEK/år	361 284	553 968	160 485	300 910	789 965	2 499 210	789 965	2 499 210	288 873	874 644	0	0	361
Energibehov, kWh/år	3 825 000	8 925 000	3 825 000	8 925 000	3 825 000	8 925 000	3 825 000	8 925 000	3 825 000	8 925 000	3 825 000	8 925 000	350 <sup>1</sup>
Energiproduktion, baslast, kWh/år	3 442 500	8 032 500	3 825 000	8 925 000	3 442 500	8 032 500	3 442 500	8 032 500	3 442 500	8 032 500	3 442 500	8 032 500	
Energiproduktion, topplast, kWh/år	382 500	892 500	0	0	382 500	892 500	382 500	892 500	382 500	892 500	382 500	892 500	
Baslast, %	90	90	100	100	90	90	90	90	90	90	90	90	
Topplast, %	10	10	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	
Kapitalkostnad, SEK/kWh <sub>värme</sub>	0,10	0,07	0,04	0,03	0,23	0,31	0,23	0,31	0,08	0,11	0,00	0,00	1,03
Drift och underhåll, SEK/kWh <sub>värme</sub>	0,011	0,007	0,004	0,003	0,057	0,077	0,057	0,077	0,021	0,027	0,00	0,00	
Rörig kostnad bränsle <sup>254</sup> , SEK/kWh <sub>värme</sub>	0,24	0,24	0,58	0,58	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,50	0,50	0,00
<b>Totalpris, SEK/kWh<sub>värme</sub></b>	<b>0,36</b>	<b>0,32</b>	<b>0,62</b>	<b>0,61</b>	<b>0,54</b>	<b>0,65</b>	<b>0,54</b>	<b>0,65</b>	<b>0,36</b>	<b>0,39</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>1,03</b>

<sup>a</sup> Inkluderar en naturgaspanna som fungerar som både spetslast- och reservpanna

<sup>b</sup> Kostnaderna för solvärme utgår från kostnader och värmeproduktionsmöjligheter för 1 m<sup>2</sup> solfångare och år

<sup>c</sup> Se formel på nästa sida

<sup>252</sup> Statens Energimyndighet

<sup>253</sup> Lennermo 2005

<sup>254</sup> SCB 2005

## Bilaga 4

### Kostnader

**Tabell 2** Drift och underhållskostnader<sup>255</sup>, andel av grundinvesteringen

	Pellets	Naturgas	Värmepump	Fjärrvärme
Grundinvestering, SEK	719 000	835 000	1 392 000	325 000
Restvärde, SEK	0	0	0	0
Kalkylränta, %	5	5	5	5
Avskrivningstid, år	15	20	20	20
Fasta kostnader beräknad med annuitetmetoden, SEK/år	69 270	67 003	111 698	26 079
Drift- och underhållskostnader, SEK/år	7 200	6 300	27 800	1 000
Drift- och underhållskostnader, procent av fasta kostnader	10	9	25	4

De fasta kostnaderna har beräknats enligt annuitetsmetoden med följande formel<sup>256</sup>:

$$\left( \text{Grundinvestering} - \left( \frac{\text{Restvärde}}{(1 + \text{Kalkylränta})^{\text{avskrivningstid}}} \right) \right) \left( \frac{\text{Kalkylränta}}{1 - (1 + \text{Kalkylränta})^{-\text{avskrivningstid}}} \right)$$

<sup>255</sup> Statens Energimyndighet

<sup>256</sup> Yard 2001

## Bilaga 4 Kostnader

Tabell 3 Kostnader, värmeproduktionssystem

Systemlösningar	FJÄRRVÄRME Standardhus	FJÄRRVÄRME Nollenergihus	PELLETS/NG Standardhus	PELLETS/NG Nollenergihus	VÄRMEPUMPAR/NG Standardhus berg	VÄRMEPUMPAR/NG Nollenergihus berg	VÄRMEPUMPAR/NG Standardhus vatten	VÄRMEPUMPAR/NG Nollenergihus Vatten
Grundinvestering, SEK	0	0	5 750 000	3 750 000	38 250 000	12 900 000	14 650 000	5 600 000
Restvärde, SEK	0	0	0	0	8 900 000	2 800 000	0	0
Kalkylränta, %	5	5	5	5	5	5	5	5
Avskrivningstid, år	20	20	15	15	20	20	20	20
Fasta kostnader med annuitetmetoden, SEK/år	0	0	553 968	361 284	2 800 120	950 450	1 175 554	449 358
Energibehov, kWh/år	8 925 000	3 825 000	8 925 000	3 825 000	8 925 000	3 825 000	8 925 000	3 825 000
Baslast, %	100	100	90	90	90	90	90	90
Topplast, %	0	0	10	10	10	10	10	10
Fastkostnad, investering, SEK/kWh <sub>värme</sub>	0,00	0,00	0,06	0,09	0,31	0,25	0,13	0,12
Drift- och underhållskostnader, SEK/kWh <sub>värme</sub>	0,00	0,00	0,01	0,01	0,08	0,06	0,03	0,02
Bränslekostnad baslast, SEK/kWh <sub>värme</sub>	0,50	0,50	0,24	0,24	0,26	0,26	0,26	0,26
Bränslekostnad topplast, SEK/kWh <sub>värme</sub>	-	-	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Totalkostnad, SEK/kWh <sub>värme</sub>	0,50	0,50	0,35	0,38	0,68	0,60	0,45	0,43
Extra elkostnad FTX-system, SEK/kWh <sub>el</sub>	-	0,77	-	0,77	-	0,77	-	0,77
<b>Totalkostnad<sup>a</sup>, SEK/m<sup>2</sup>BRA, år</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>48</b>	<b>25</b>	<b>32</b>	<b>20</b>

<sup>a</sup> Standardhus: 70 kWh<sub>värme</sub>/m<sup>2</sup> BRA, år. Nollenergihus: 30 kWh<sub>värme</sub>/m<sup>2</sup> BRA, år + 8,5 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> BRA, år

## Bilaga 4 Kostnader

### Känslighet

25 % ökning av bränslekostnaden

**Tabell 4** Känslighetsberäkning

<i>Systemlösningar</i>	FJÄRRVÄRME Standardhus	FJÄRRVÄRME Nollenergihus	PELLETS/NG Standardhus	PELLETS/NG Nollenergihus	VÄRMEPUMP/NG Standardhus Berg	VÄRMEPUMP/NG Nollenergihus Berg	VÄRMEPUMP/NG Standardhus vatten	VÄRMEPUMP/NG Nollenergihus vatten
Totalkostnad, SEK/m <sup>2</sup> BRA, år	35	22	24	18	48	25	32	20
Fast totalkostnad <sup>a</sup> , SEK/m <sup>2</sup> BRA, år	0	0	5	3	28	9	11	4
Rörlig totalkostnad, SEK/m <sup>2</sup> BRA, år	35	22	19	15	20	15	20	15
Rörlig totalkostnad, + 25 %, SEK/m <sup>2</sup> BRA, år	44	27	24	19	25	19	25	19

<sup>a</sup> Kapitalkostnad + drift - och underhållskostnader

## Bilaga 4

### Kostnader

### Referenser

Lennermo, G. Civ. Ing./Energikonsult, Energianalys AB. Telefon och mailkontakt, juni 2005

SCB. *Energipriser på naturgas och el*. Inhämtat på Internet, [http://www.scb.se/templates/Product\\_24716.asp](http://www.scb.se/templates/Product_24716.asp), 2005-10-18

Statens Energimyndighet. *Värme i Sverige 2004 - en uppföljning av värmemarknaderna med fokus på fjärrvärme*. Eskilstuna, Statens Energimyndighet

Yard, S. *Kalkyler för investeringar och verksamheter 2:a upplagan*. Lund, Studentlitteratur, 2001. ISBN 91-44-01057-5

## Bilaga 5

### Återbetalningstid

Att bygga Nollenergihus framför Standardhus innebär att mer byggnadsmaterial krävs, detta material ger upphov till en ökad miljöpåverkan, Tabell 1. Samtidigt innebär Nollenergihuset att ingen värmeenergi åtgår för uppvärmning. Dock tillkommer extra elenergi till det mer avancerade ventilationssystemet, FTX. I Tabell 2 presenteras data över energibehovet för de båda hus typerna.

**Tabell 1** Visar hur luftemissionerna ökar då Nollenergihus byggs i stället för Standardhus

Luftemissioner, mg/m <sup>2</sup> BRA	
Koldioxid	4 814 000
Metan	39 740
Kväveoxider <sup>a</sup>	8 600
Svaveldioxid	8 600
Ammoniak	1 200
NMVOC <sup>b</sup>	590
Kolmonoxid	26 800
Partiklar	2 700

<sup>a</sup> Utsläpp av dikväveoxid är inräknade

<sup>b</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

**Tabell 2** Energiförbrukning för Standardhus respektive för Nollenergihus

Standardhus, kWh/m <sup>2</sup> BRA, år	70
Nollenergihus, kWh/m <sup>2</sup> BRA, år	30
Extra elbehov för FTX-system jämfört med F-system <sup>257</sup> , kWh/m <sup>2</sup> BRA, år	8,5

---

<sup>257</sup> Svensson 2005



## Bilaga 5

### Återbetalningstid

För de faktiska luftemissionerna, per producerad kWh<sub>värme</sub>, se Bilaga 3, Tabell 1. I Tabell 3 och 4 ges skillnaden i luftemissioner från värmeproduktionssystemen beroende på om Nollenergihus eller Standardhus byggs. För att visa på betydelsen av den extra elenergi som behövs till FTX-systemet redovisas både data där hänsyn är tagen till det extra elbehovet och data där den extra elen ej beaktats.

**Tabell 3** Visar skillnaden av luftemissioner, då hänsyn tas till det extra elbehovet

Luftemissioner, mg/m <sup>2</sup> BRA, år	Pellets	Naturgas	Värmepump, Sverigemix	Fjärrvärme Göteborg
Koldioxid	X	9 841 720	212 558	2 128 212
Dikväveoxid	977	89	7	269
Metan	1 656	X	1178	X
Kväveoxider	19 749	4 502	330	5 655
Svaveldioxid	6 234	X	367	3 070
Ammoniak	470	X	6	165
NMVOC <sup>a</sup>	1 612	528	47	579
Kolmonoxid	9 848	1 038	373	1 380
Partiklar	2 810	X	97	166

X innebär en faktisk ökning av luftemissioner då Nollenergihus byggs

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

**Tabell 4** Visar skillnaden av luftemissioner, då hänsyn ej tas till det extra elbehovet

Luftemissioner, mg/m <sup>2</sup> BRA, år	Pellets	Naturgas	Värmepump, Sverigemix	Fjärrvärme Göteborg
Koldioxid	206 852	10 215 529	586 368	2 502 021
Dikväveoxid	989	101	19	281
Metan	3 727	2 050	3 249	526
Kväveoxider	20 329	5 082	910	6 235
Svaveldioxid	6 878	559	1011	3 714
Ammoniak	481	0	17	176
NMVOC <sup>a</sup>	1 694	610	129	661
Kolmonoxid	10 504	1 694	1 029	2 036
Partiklar	2 982	56	269	337

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

## Bilaga 5

### Återbetalningstid

Återbetalningstiden beräknas genom att dividera de ökade luftemissionerna från husen med skillnaden mellan luftemissionerna från värmeproduktionen. I Tabell 5 har hänsyn tagits till det ökade elbehovet i och med att ett FTX-system installeras. I Tabell 6 tas ingen hänsyn till det ökade elbehovet.

**Tabell 5** Återbetalningstid då hänsyn är tagen till extra elbehov, FTX-system

	Pellets	Naturgas	Värmepump Sverigemix	Fjärrvärme Göteborg
Koldioxid	X	0	23	2
Metan	24	X	34	X
Kväveoxider <sup>a</sup>	0	2	26	2
Svaveldioxid	1	X	23	3
Ammoniak	3	X	194	7
NMVOG <sup>b</sup>	0	1	13	1
Kolmonoxid	3	26	72	19
Partiklar	1	X	28	16

<sup>a</sup> Dikväveoxidutsläpp inräknade

<sup>b</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

X betyder att det faktiska utsläppet från Nollenergihus är större och således aldrig återbetalar sig

**Tabell 6** Återbetalningstid då hänsyn ej är tagen till det extra elbehovet, FTX-system

	Pellets	Naturgas	Värmepump Sverigemix	Fjärrvärme Göteborg
Koldioxid	23	0	8	2
Metan	11	19	12	76
Kväveoxider <sup>a</sup>	0	2	9	1
Svaveldioxid	1	15	9	2
Ammoniak	2	Y	70	7
NMVOG <sup>b</sup>	0	1	5	1
Kolmonoxid	3	16	26	13
Partiklar	1	48	10	8

<sup>a</sup> Dikväveoxidutsläpp inräknade

<sup>b</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

Y betyder att naturgasemissionerna av ammoniak är noll

## Bilaga 5

Återbetalningstid

## Referenser

Svensson, B. Teknisk chef, IV Produkt AB. Telefonkontakt, oktober 2005

## Bilaga 6

### Systemlösningar och dess bidrag till miljöhoten

**Tabell 1** Energinbehov och total bruksarea för Västra Eriksberg

Standardhus, kWh/m <sup>2</sup> BRA, år	70
Nollenergihus, kWh/m <sup>2</sup> BRA, år	30
Extra eltillförsel Nollenergihus, kWh/m <sup>2</sup> BRA, år	8,5
Normalt flerbostadshus <sup>258</sup> , kWh/m <sup>2</sup> BRA, år	140
Hela området, m <sup>2</sup> BRA	127 500

**Tabell 2** Totala luftemissioner per år för respektive värmeproduktionssystem för Västra Eriksberg. Beräknade utifrån faktiska utsläpp, se Bilaga 3, Tabell 1

Utsläpp för Västra Eriksberg, kg/år	Pellets, Std	Pellets, Noll	Naturgas, Std	Naturgas, Noll	Värmepump, Sverigemix, Std	Värmepump, Sverigemix, Noll	Fjärrvärme Göteborg, Std	Fjärrvärme Göteborg, Noll	Extra eltillförsel, FTX-system	Fjärrvärme Sverige, normalt flerbostadshus
Koldioxid	46 154	19 780	2 279 340	976 860	130 833	56 071	558 264	239 256	47 661	2 429 921
Dikväveoxid	221	95	23	10	4	2	63	27	2	250
Metan	832	356	457	196	725	311	117	50	264	4 409
Kväveoxider	4 536	1 944	1 134	486	203	87	1 391	596	74	5 719
Svaveldioxid	1 535	658	125	53	226	97	829	355	82	4 247
Ammoniak	107	46	0	0	4	2	39	17	1	96
NMVOCa	378	162	136	58	29	12	148	63	10	721
Kolmonoxid	2 344	1 004	378	162	229	98	454	195	84	1 690
Partiklar	665	285	12	5	60	26	75	32	22	834

<sup>a</sup> Flyktiga organiska koläten exklusive metan  
Std = Standardhus, Noll = Nollenergihus

## Bilaga 6 Systemlösningar och dess bidrag till miljöhöten

**Tabell 3** Systemlösningar fördelning av bas- och spetslast

	Baslast, %	Spetslast, %
<b>FJÄRRVÄRME</b>	Fjärrvärme Göteborg	100
<b>PELLETS/NG</b>	Pellets	90
<b>VÄRMEPUMPAR/NG</b>	Värmepumpar	90
<b>Referens</b>	Fjärrvärme Sverige	100

**Tabell 4** Totala luftemissioner per år för respektive systemlösning för Västra Eriksberg

<i>Utsläpp för Västra Eriksberg, kg/år</i>	<b>FJÄRRVÄRME Standardhus</b>	<b>PELLETS/NG Standardhus</b>	<b>VÄRMEPUMPAR/NG Standardhus</b>	<b>FJÄRRVÄRME Nollenergihus</b>	<b>PELLETS/NG Nollenergihus</b>	<b>VÄRMEPUMPAR/NG Nollenergihus</b>	<b>Extra etillförsel FTX-system Nollenergihus</b>	<b>Fjärrvärme Sverige Normalt flerbostadshus (referens)</b>
Koldioxid	558 264	269 472	345 684	239 256	115 488	148 150	47 661	2 429 921
Dikväveoxid	63	201	6	27	86	3	2	250
Metan	117	794	698	50	340	299	264	4 409
Kväveoxider	1 391	4 196	296	596	1 798	127	74	5 719
Svaveldioxid	829	1 394	216	355	597	92	82	4 247
Ammoniak	39	97	3	17	41	1	1	96
NMVOC <sup>a</sup>	148	354	39	63	152	17	10	721
Kolmonoxid	454	2 147	244	195	920	105	84	1 690
Partiklar	75	600	55	32	257	24	22	834

<sup>a</sup> Flyktiga organiska kolväten exklusive metan

## Bilaga 6

### Systemlösningar och dess bidrag till miljöhoten

### Miljöhot

**Tabell 5** Värmeproduktionssystemens bidrag till växthuseffekten, beräknat enligt: koldioxid (g)×1 + metan (g)×21 + dikväveoxid (g)×310

<i>Växthuseffekten, ton koldioxidekvivalenter per år</i>	FJÄRRVÄRME Standardhus	FJÄRRVÄRME Nollenergihus	PELLETS/NG Standardhus	PELLETS/NG Nollenergihus	VÄRMEPUMP/NG Standardhus	VÄRMEPUMP/NG Nollenergihus	Referens Fjärrvärme Sverige
Värmeproduktionssystem	580	249	348	149	362	155	2600
Extra eltilförsel	0	54	0	54	0	54	0

**Tabell 6** Värmeproduktionssystemens bidrag till försurningen, beräknat enligt: kväveoxider (g)×0,0217 + svaveldioxid (g)×0,0312 + ammoniak (g)×0,0587

<i>Försurning, kmol vätejoner per år</i>	FJÄRRVÄRME Standardhus	FJÄRRVÄRME Nollenergihus	PELLETS/NG Standardhus	PELLETS/NG Nollenergihus	VÄRMEPUMP/NG Standardhus	VÄRMEPUMP/NG Nollenergihus	Referens Fjärrvärme Sverige
Värmeproduktionssystem	59	25	141	61	14	6	266
Extra eltilförsel	0	4	0	4	0	4	0

**Tabell 7** Värmeproduktionssystemens bidrag till bildandet av marknära ozon, beräknat enligt: flyktiga organiska kolväten exklusive metan (g)×0,416 + kolmonoxid (g)×0,04

<i>Marknära ozon, kg etenekvivalenter per år</i>	FJÄRRVÄRME Standardhus	FJÄRRVÄRME Nollenergihus	PELLETS/NG Standardhus	PELLETS/NG Nollenergihus	VÄRMEPUMP/NG Standardhus	VÄRMEPUMP/NG Nollenergihus	Referens Fjärrvärme Sverige
Värmeproduktionssystem	80	34	233	100	26	11	368
Extra eltilförsel	0	8	0	8	0	8	0

## Bilaga 6 Systemlösningar och dess bidrag till miljöhoten

**Tabell 8** Värmeproduktionssystemens bidrag till övergödning, beräknat enligt: kväveoxider (g)×6 + ammoniak (g)×16

<i>Övergödning, kg syreekvivalenter per år</i>	FJÄRRVÄRME Standardhus	FJÄRRVÄRME Nollenergihus	PELLETS/NG Standardhus	PELLETS/NG Nollenergihus	VÄRMEPUMP/NG Standardhus	VÄRMEPUMP/NG Nollenergihus	Referens Fjärrvärme Sverige
Värmeproduktionssystem	8 974	3 846	26 721	11 452	1 832	785	35 858
Extra elitförsel	0	466	0	466	0	466	0

**Tabell 7** Värmeproduktionssystemens utsläpp av partiklar.

<i>Partiklar, kg per år</i>	FJÄRRVÄRME Standardhus	FJÄRRVÄRME Nollenergihus	PELLETS/NG Standardhus	PELLETS/NG Nollenergihus	VÄRMEPUMP/NG Standardhus	VÄRMEPUMP/NG Nollenergihus	Referens Fjärrvärme Sverige
Värmeproduktionssystem	75	32	600	257	55	24	834
Extra elitförsel	0	22	0	22	0	22	0

## Bilaga 6

Systemlösningar och dess bidrag till miljöhoten

### Referenser

Boverket. *Boverkets årsrapport Bygga-Bo-Dialogen 2004*. Karlskrona, Boverkets Publikationsservice, 2004