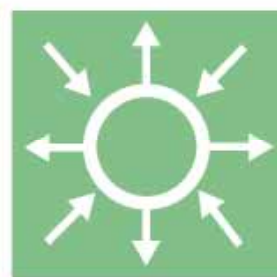
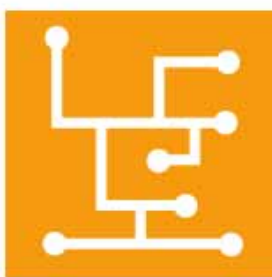




Nyttan av elvärme för Sverige och kunderna från 1970 till nu

Elvärme och värmepumpar i byggnader

Elforsk rapport 07:25



Gunnar Larsson

Mars 2007

ELFORSK

Nyttan av elvärme för Sverige och kunderna från 1970 till nu

Elvärme och värmepumpar i byggnader

Elforsk rapport 07:25

Förord

Både EU och medlemsstaterna ställer krav på minskade utsläpp av miljö- och hälsopåverkande ämnen och inte minst av växthusgaser. Detta manifesteras i direktiv, mål och styrmedel. Exempelvis skall CO₂-utsläppen begränsas genom åtgärder på både användnings- och tillförselsidan. Sverige har satt upp mål för en förbättrad miljö som omfattar ett stort antal punkter som berör luft, vatten, marker och artrikhet förutom minskade utsläpp av växthusgaser.

Elvärme och värmepumpar har varit föremål för diskussion i den energipolitiska debatten. Många kritiska eller ifrågasättande synpunkter/åsikter –kanske inte alltid välunderbyggda - har framförts om elvärme och värmepumpar. Elforsk har därför initierat denna studie i syfte att ta fram ett väl genomarbetat och väl förankrat material där utgångspunkten har varit att utnyttja vetenskapligt förankrade metoder och analysverktyg. Inriktningen har främst varit att studera vilka miljökonsekvenser olika typer av elvärme har jämfört med andra alternativ. Arbetet har i huvudsak koncentrerats på småhusens uppvärmning eftersom den största användningen av elvärme finns där samtidigt som man diskuterar möjligheterna att ersätta elvärmen med andra alternativ.

Arbetet har skett i två etapper. I den första etappen fokuserades främst på att ta fram ett material som snabbt kunde ge en belysning åt frågeställningarna på basis av huvudsakligen sammanställningar av befintligt underlag. Kundperspektivet, d.v.s. kundernas valsituation och strategier var här en av huvudpunkterna vid sidan av en översiktlig beskrivning av miljöaspekterna. Projektet levererade underlag till skriften "Hur värmer vi svenska småhus idag och i framtiden" som togs fram av en arbetsgrupp med Svensk Energi som utgivare.

I den andra etappen har frågeställningarna gått igenom mer detaljerat och kompletterande studier har genomförts för att bredda kunskapsbasen.

De delstudier som har genomförts har behandlat ämnena:

- Vad har elvärme och värmepumpar betytt för miljö och ekonomi i ett historiskt perspektiv?
- Hur har elvärmen utvecklats i relation till energihushållning och byggnormer?
- Hur värms våra bostäder och lokaler i nuläget?
- Konsekvenser av val mellan energieffektivisering och konvertering.
- Elvärme och värmepumpar i framtiden. Inverkan av teknikutveckling och byggnormer.
- Hälsa och närmiljö vid uppvärmning av småhus.
- Jämförande analyser av emissioner från olika värmesystem och olika typhus i nuläget och framtiden.
- Värmepumparnas inverkan på miljö och energibehov.
- Elvärme och värmepumpars inverkan på eleffektbalansen
- CO₂-utsläpp från olika uppvärmningsalternativ. Ansvar vid olika systemgränser och tidsperspektiv.

Resultaten har redovisats på olika nivåer. Mest kompakt i form av sammanfattande OH-bilder för hela projektet samt en motsvarande kort skriven executive sammanfattning. Underlaget redovisas i 9 delrapporter som även sammanfattats i OH-rapporter. Dessutom har en mindre rapport om elvärmens inverkan på elnätssdistributionen tagits fram.

Projektet har letts av Vattenfall Research and Development. Arbetet har genomförts i samverkan med olika experter. För modellsimuleringar har EME Analys samt Carl Bro (numera en del av Grontmij) anlitas. Material från andra Elforskprojekt har utnyttjats som underlag för simuleringar och strukturering, bl.a. "Elförbrukningens karaktär vid kallt väder", "Marginalel och miljövärdering av el" och EFFem-modellen.

En referensgrupp med representanter från finansiärerna har varit kopplad till projektet. Referensgruppen har bidragit med expertkunskap inom sitt område samt har granskat analyser och slutsatser. Det är dock författarna som slutgiltigt står för rapporternas innehåll. I etapp ett har även Svensk Energi bidragit med underlag.

Projektet har finansierats av: Borlänge Energi AB, Göteborg Energi, Landskrona kommun Tekniska Verken, Oskarshamn Energi AB, Ringsjö Energi AB, Skellefteå Kraft AB, Sydkraft AB, Vattenfall AB och Öresundskraft AB.

Sammanfattning

Detta är en underlagsrapport inom Elforskprojektet "Elvärme och värmepumpar". Grundfrågan i studien är hur skulle energianvändningen, CO₂-utsläppen och andra miljöpåverkande utsläpp skulle ha utvecklats om man år 1970 beslutat sig för att avveckla eller bibehålla elvärmen på en låg nivå? Vilka möjliga konsekvenser skulle detta ha medfört för Sverige och konsumenterna? Analysen i föreliggande studie är mycket grov och begränsas till framförallt en energiteknisk betraktelse. Beräkningarna är med nödvändighet hypotetiska eftersom en annan utveckling än den faktiska hade krävt andra förutsättningar vad avser energikriser och energipolitiska beslut mm. Exempelvis kan man ifrågasätta om det är speciellt realistiskt att byta ut all elvärme mot fjärrvärme av kostnadsskäl.

Ersättningsprincip	Ersättning, TWh totalt			Ökade CO ₂ -utsläpp, Mton	
	Olja	Fjärrv.	Bio	Totalt	Per år
Enligt årsvis fördelning ¹	+479	+351	+110	+165	+4,7
Till enbart olja	+1009	0	0	+255	+7,5
Till enbart fjärrvärme ²	+826	0	0	+126	+3,7

1/ Elvärmen omfördelad till övrig energi i förhållande till andelarna exkl. elvärme.

2/Enligt genomsnittlig fjärrvärme.

CO₂-utsläppen skulle vid ersättning av all elvärme ha ökats med ca 125-255 Mton under perioden beroende på beräkningsförutsättningar. Den totala utsläppsnivån i Sverige år 1990 utgjorde enl. Energimyndigheten ca 53 Mton CO₂ vilket innebär att utsläppsökningen rör sig i intervallet 2,35 till 4,8 årsutsläpp extra. Genomsnittligt betyder detta ca 6 till 12 % ökad CO₂-utsläppsnivå under perioden.

För andra miljö- och hälsopåverkande utsläpp finns data för SO₂ och NO_x för den studerade perioden.

Vad avser SO₂ har fjärrvärmen bortsett från de första 5 åren gett ca 5-15 ggr så stora specifika utsläpp som elvärme. En byggnad som värmts med fjärrvärme under hela perioden har i genomsnitt förorsakat ca 4 ggr högre SO₂-utsäpp än en elvärmd - en byggnad med annan uppvärmning (mest olja) ca 2 ggr högre. Om man i stället räknar på en byggnad som byggdes 1980 blir SO₂-utsläppen hela 13 ggr större med fjärrvärme och ca 7 ggr större med annan uppvärmning. Detta främst för att elproduktionens utsläpp minskat kraftigt.

Vad avser NO_x ser har fjärrvärmen bortsett från de första 5 åren gett ca 5-15 ggr så stora specifika utsläpp som elvärme. En byggnad som värmts med fjärrvärme under hela perioden har i genomsnitt förorsakat ca 5 ggr högre NO_x-utsäpp än en elvärmd. Även en byggnad med annan uppvärmning (mest olja) har ca 5 ggr högre utsläpp. Om man i stället räknar på en byggnad som byggdes 1980 blir NO_x-utsläppen 11 ggr större med fjärrvärme och ca 15 ggr större med oljeuppvärmning.

För övriga utsläpp har vi inte p.g.a. brist på lättillgängliga data inte gjort några tillbakablickande kalkyler. EFFem-modellen ger dock en uppfattning om utsläppen i nuläget. Enligt beräkningar med den är utsläppen av partiklar ca

2,5 ggr så stora från fjärrvärme och ca 6,7 -10 ggr så stora för oljevärme jämfört med elvärme.

För NMVOC är utsläppen ca 4,6 - 4,8 ggr så stora för fjärrvärme och ca 5,4 - 30,7 ggr så stora för oljevärme.

Baserat på ovanstående bild av dagsläget kan man anta att även utsläppen av partiklar tidigare har legat på en högre nivå eftersom man tidigare inte hade krav på rökgasreningsutrustning i de större anläggningarna.

För de mindre anläggningarna är det främst frågan om eldningstekniken och det finns viss anledning att anta att denna kan ha förbättrats över tiden.

Vi har också försökt att något belysa de ekonomiska konsekvenserna för de kundgrupper som valde elvärme vid vissa tidpunkter. Man får dock se de bedömningar som görs som mycket grova och indikativa då det är mycket vanskligt att göra dylika beräkningar. Bl.a. utgör skillnader i investering och underhåll samt diverse skattekonsekvenser bekymmer. Inflationen utgör därvid ett problem när man försöker utvärdera utvecklingen över en längre tidsperiod. Konsumentprisindex har mellan 1970 och 2004 nästan 7-dubblats. Under motsvarande period har oljepriset på konsumentnivå 35-dubblats och elpriset 16-dubblats. En stor del av ökningen av olje- och elpriserna har berott på en kraftigt ökad beskattning.

Oljepriset låg 1970 på ca 180 kr/m³ men har i omgångar stigit till ca 8200 kr i december 2004 eller med ca 46 gånger 1970 års nivå.

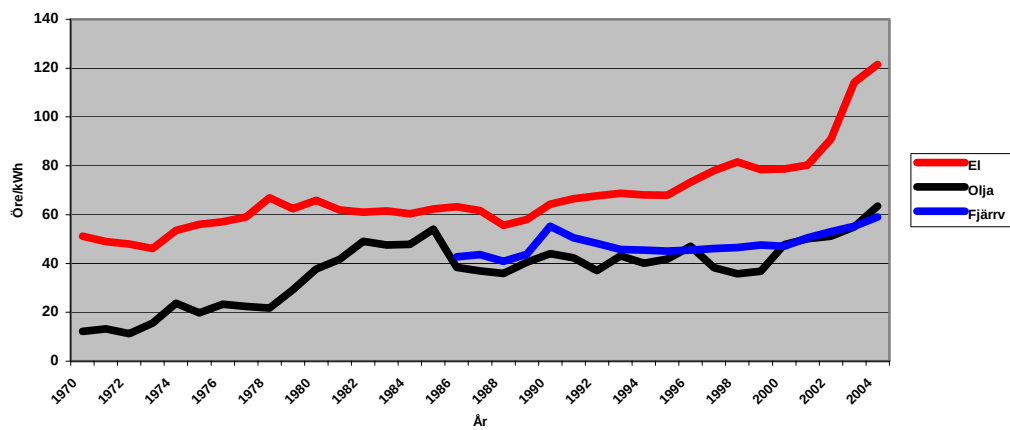
Elpriset låg 1970 på ca 7,6 öre/kWh och har ökat till ca 120 öre/kWh år 2004 eller med ca 16 gånger. Exkl. skatter har ökningen varit ca 10 gånger. Elskatter och -avgifter har speciellt mot slutet av perioden bidragit till ökningen. De direkta elskatterna och avgifterna på elanvändningen utgör år 2004 ca 42 % av priset. Därtill kommer indirekta skatter och avgifter på elproduktionen som kärnkraftskatt och miljöavgifter.

För **priset för fjärrvärmeleveranser** finns inga lättillgängliga och representativa uppgifter för hela perioden men prisutvecklingen under den senare delen har varit gynnsammare än för el. Se figur nedan.

Ökningen av realpriserna betyder att konsumenter som valt energieffektiva lösningar haft en fördel av detta eftersom både el- och oljepriserna reellt ökat under perioden som helhet.

Sammanfattningsvis är det mycket svårt att uttala sig om det privatekonomiska utfallet. De som valt elvärme vid nybyggnation har sannolikt haft en lägre direkt energikostnad än vid ett oljealternativ under förutsättning att de elvärmda husen har de bättre energiprestanda som framkommer i SCB:s statistik för småhus.

Reala priser inkl skatter och avgifter 1970-2004
Prisnivå 2004



Summary

This is a basis report within the Elforsk project “Electric Heating and Heat Pumps”. The fundamental question in the study is how energy consumption, CO₂ emissions and other environmentally-damaging emissions would have developed if Sweden had decided in 1970 to phase out electric heating or maintain it at a low level. What possible consequences would this have had for Sweden and its consumers? The analysis in the study is very rough and mainly restricted to an energotechnical observation. The calculations are necessarily hypothetical, since anything other than the actual chain of events would have required different circumstances with regard to energy crises and energy policy decisions, etc. For example, it is questionable whether it is particularly realistic to replace all electric heating with district heating in view of the cost.

Replacement principle	Electricity replacement, TWh total			Increased CO ₂ emissions, M tonnes	
	Oil	District heating	Biofuel	Total	Per year
According to annually breakdown ¹	+479	+351	+110	+165	+4.7
To oil only	+1009	0	0	+255	+7.5
To district heating only ²	+826	0	0	+126	+3.7

1) Electric heating redistributed to other energy types in proportion to the shares excluding electric heating.

2) According to average district heating.

With the replacement of all electric heating, CO₂ emissions would have been approximately 125-255 M tonnes higher during the period depending on the basis for calculation. The Swedish Energy Agency estimates total CO₂ emissions in Sweden during 1990 at around 53 M tonnes, which means between 2.35 and 4.8 additional annual emissions. On the average, this is equal to an increase of approximately 6% to 12% in CO₂ emissions during the period.

For other environment- and health-affecting emissions, there is data on SO₂ and NO_x for the period under review.

With regard to SO₂, and aside from the first 5 years, specific emissions from district heating have been around 5-15 times as high as those from electric heating. On the average, a building heated with district heating throughout the period has produced approximately 4 times higher SO₂ emissions than an electrically heated one – a building with another type of heating (mostly oil) approximately 2 times higher. If we instead look at a building built in 1980, SO₂ emissions are a full 13 times higher with district heating and around 7 times higher with other heating, mainly due to a dramatic reduction in emissions from electric power generation.

With regard to NO_x, and aside from the first 5 years, district heating appears to have produced around 5-15 times the volume of specific emissions from electric heating. On the average, a building heated with district heating throughout the period has produced approximately 5 times higher NO_x emissions than an electrically heated one. In addition, a building with another type of heating (mostly oil) has produced approximately 5 times higher emissions. If we instead look at a building built in 1980, NO_x emissions are 11

times higher with district heating and around 15 times higher with oil-fired heating.

Due to a lack of easily accessible data, we have not made any retrospective calculations for other emissions. However, the EFFem model gives an idea of emissions in the present situation. According to calculations based on this model, particulate emissions are approximately 2.5 times higher from district heating and around 6.7-10 times higher for oil heating compared than for electric heating.

For NMVOCs, emissions are approximately 4.6-4.8 times higher for district heating and around 5.4-30.7 times higher for oil heating.

Based on the above picture of the present situation, we can also assume that particulate emissions were previously higher since there was formerly no requirement for flue gas cleaning equipment in large-scale facilities.

For the smaller facilities it is mainly a question of combustion technology, and there is some reason to assume that this may have improved over time.

We have also tried to shed some light on the financial consequences for consumer groups that have chosen electric heating at various points in time. However, these assessments must be seen as very rough and indicative, since calculations of this type are highly complex. Among other things, differences in investment and maintenance costs and diverse tax consequences are a source of difficulty. Inflation is a problem when attempting to evaluate the trend over an extended period. Between 1970 and 2004, the consumer price index increased nearly 7-fold. During the same period, the oil price at the consumer level rose 35-fold and the electricity price 16-fold. A large share of the increase in oil and electricity prices is due to a significantly higher taxation.

The **oil price** in 1970 was around SEK 180/m³ but had risen in increments to approximately SEK 8,200 in December 2004, or by around 46 times the 1970 level.

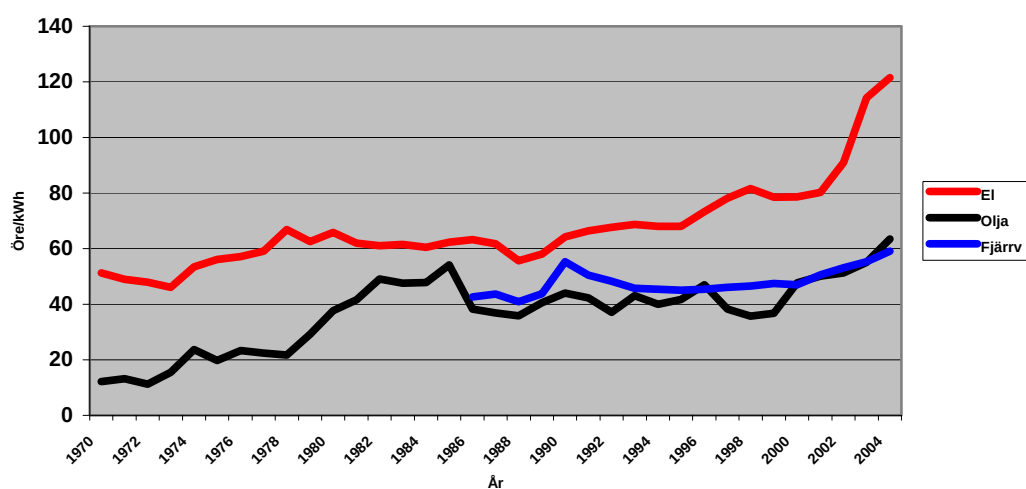
The **electricity price** in 1970 was around SEK 0.076/kWh but had risen to approximately SEK 0.120/kWh in 2004, or by around 16 times the 1970 level. Excluding taxes, the price has increased by 10 times. Electricity taxes and charges have contributed to the increase, particularly towards the end of the period. Direct electricity taxes and charges on electricity usage in 2004 made up around 42% of the price. Added to this are indirect taxes and charges on power generation such as nuclear power tax and environmental charges.

For the **price of district heating deliveries** there is no easily accessible and reliable data for the entire period, but the price trend in the latter part has been more favourable than for electricity. See diagram below.

Due to the upward trend in real prices, consumers who have chosen energy-efficient solutions have benefited from this since both electricity and oil prices have risen in real terms over the period as a whole.

In conclusion, it is very difficult to comment on the financial impact for private consumers. Those who have chosen electric heating when building new homes have most likely had lower direct energy costs than those with oil-based alternatives, assuming that the electrically heated homes have the superior energy performance indicated in Statistics Sweden's data for single-family homes.

Real energy prices incl tax 1970-2004
Price level 2004



Innehåll

1	Allmänt	1
2	Frågeställningar	2
3	Analysansatser	3
3.1	Samhällsperspektiv koncentrerat på energianvändning och miljö	3
4	Energianvändning för uppvärmning av bostäder och lokaler	5
5	Elproduktion	10
6	Fjärrvärme	12
7	Samhällsperspektiv på elvärmens inverkan	13
7.1	Olje- och CO ₂ - reducering via elvärme samt miljöinverkan	13
7.1.1	Årvis utbyten av all elvärme mot aktuell användningsprofil	14
7.1.2	Utbyte av all elvärme mot olja	16
7.1.3	Utbyte av all elvärme mot genomsnittlig fjärrvärme	17
7.1.4	Årvis utbyten av nytillkommande elvärme mot aktuell användningsprofil	17
7.1.5	Sammanfattning av effekterna av utbyte av elvärme	17
8	Konsumentperspektivet	19
8.1	Ekonomi	19
8.1.1	Energikostnader	19
8.1.2	Prisutveckling	20
8.1.3	Rörliga energikostnader/Exempelkalkyler	23
8.2	Miljö mm	24
8.2.1	Närmiljö och hälsa	24
9	Referenser	30

1 Allmänt

Detta är en underlagsrapport för rubricerat delprojekt inom Elforskprojektet "Elvärme och värmepumpar". Rapporten skall främst ses som ett dokumentationsunderlag som beskriver betraktelsesätt och beräkningssätt samt beräkningsantaganden. Material från andra delstudier i projektet har utnyttjats som underlag för bedömningarna tillsammans med speciellt inhämtat material. I huvudsak har officiella källor och statistik utnyttjats i första hand även om det i vissa fall enligt vår åsikt finns bättre bedömningar. T.ex. finns det olika bedömningar av nivån på elvärmen både historiskt och i nutid. För 1970 uppskattas elvärmen till 4,7 TWh enligt Energimyndighetens statistik [1] medan en intern Vattenfallsbedömning hamnar på 3,1 TWh och CDL:s "Elkonsumtionen 1970-1980" [2] uppger 2,5 TWh för bostadssektorn baserat på Fera-undersökningar för åren 1964 och 1969. För de senaste åren föreligger en stor skillnad mellan antalet småhus i SCB:s småhusundersökningar och andra bestånds- och abonnentuppgifter enl. SCB:s bostads- resp. el-statistik. Detta indikerar att elvärmen inom småhussektorn kan ha underskattats. Även i övrigt finns det en del osäkerheter i energistatistiken, t.ex. vad avser avgränsningen av fjärrvärmen samt dess insatsenergi. Även ändrade indelningar och definitioner gör att äldre och nyare statistik kanske inte alltid är helt jämförbar.

Vi har i vissa fall imputerat värden för att få ett någorlunda beräkningsunderlag.

2 Frågeställningar

De huvudfrågor vi ställer är:

- Hur skulle energianvändningen och CO₂-utsläppen ha utvecklats om man år 1970 beslutat sig för att avveckla eller bibehålla elvärmen på en låg nivå? Vilka möjliga konsekvenser skulle detta ha medfört för Sverige och konsumenterna?

Analysen som görs i föreliggande studie är mycket grov och begränsas till framförallt en energiteknisk betraktelse. Beräkningarna är med nödvändighet hypotetiska eftersom en annan utveckling än den faktiska hade krävt andra förutsättningar vad avser energikriser och energipolitiska beslut mm. Andra energipolitiska förutsättningar skulle även kunna få återverkningar på samhällsekonomi och industriutveckling som är mycket svårbedömda och därför inte behandlas i föreliggande analys. Med andra grundförutsättningar skulle man kunna tänka sig många alternativa förlopp som i sig vore tänkbara men vi har i våra kalkyler främst utgått från en mer energiteknisk bedömning om vad som skulle kunna ha ersatt elvärmen baserat på de existerande alternativen på basis av ett "rimlighetsresonemang".

- Vi har också försökt belysa konsekvenserna för de kundgrupper som valde elvärme vid vissa tidpunkter med grundfrågeställningen om valet ur privatekonomisk synvinkel varit gynnsamt eller inte.

3 Analysansatser

3.1 Samhällsperspektiv koncentrerat på energianvändning och miljö

Analysen koncentreras på frågan om vilka energislag som skulle ha kunnat ersätta elvärmen och konsekvenserna för energianvändnings- och tillförselsidan vad avser energimängder och miljöinverkan.

Om man i förstone utgår från användningssidan kan man tänka sig lite olika alternativ och nivåer av ersättning av elvärmen.

- Ett alternativ är att man tänker sig att ha ersätt all elvärme med andra uppvärmningssystem, dvs. även den som fanns år 1970. Detta skulle (om det skulle ha genomförts i praktiken) betyda att man konverterat alla elvärmesystem till något annat vilket skulle ha medfört andra kostnader för investeringar, energiinköp samt drift- och underhållskostnader. Om man försätter sig i läget år 1970 medför detta betraktelsesätt att man måste bygga om 1970 års existerande bestånd samt i fortsättningen välja andra alternativ än elvärme. Denna betraktelse skulle principiellt kunna göras för varje följande år beroende på gällande omvärldsförutsättningar vad avser energipriser och investeringskostnader. Vårt uppdrag ger dock inte utrymme för så omfattande analyser och beräkningar som ett sådant förfaringssätt skulle leda till varför vi har fått välja kraftiga förenklingar. En förenklad variant av detta alternativ är att för varje år ersätta elvärmen med en uppskalning av de övriga använda uppvärmningsalternativen. Tanken är då att man i viss mån avspeglar tillväxtförutsättningarna för alternativen eftersom man successivt skalar upp de verkliga förändringarna.
- Ett annat (relativt likartat) alternativ är att man tänker sig att man hade behållit 1970 års elvärme och ersatt tillkommande elvärme med annan uppvärmning.
- Ett tredje alternativ är att man antagit att man låst 1970 års uppvärmningsstruktur, d.v.s. bara skalat upp de olika energitillförselalternativen till nutida energianvändningsnivå. Detta senaste alternativ är litet enklare att hantera eftersom man då inte behöver ta direkt (men i praktiken ändå) ställning till vilka alternativa värmesystem som ersätter den del av elvärmen som ökat sin marknadsandel sedan 1970. Bakom detta betraktelsesätt ligger ett implicit antagande om en viss frysning av tekniken.

Av dessa alternativ anser vi att alternativ 1 och 2 bäst motsvarar vår frågeställning. Ur ett "realistiskt" perspektiv känns möjligen alternativ 2 aningen mer relevant eftersom det ju främst är de som valt efter 1970 som har haft den fulla valmöjligheten. De elvärmda husen som fanns 1970 tillkom ju främst under slutet av 1960-talet och var byggda med en god

energistandard som inte motiverar så stora ombyggnadsinvesteringar. Å andra sidan är ju resonemangen och alternativen i nuläget hypotetiska varför man mot den bakgrunden givetvis kan tänka sig en fullständig konvertering från elvärme som i alternativ 1. Antagandena och kalkylerna måste i vart fall bli grova då det är många faktorer som vi inte kan beakta. Exempelvis skulle man vid en mer förfinad analys ta hänsyn till åldern för varje hus och uppvärmningssystem. Energibesparingsåtgärder och byten av uppvärmningssystem sker ju enklast när det ändå finns behov av utbyte av äldre apparater eller renoveringar. Livslängderna varierar dock en hel del för olika systemkomponenter från ca 10-15 år för värmepumpar till mycket långa tider för el-radiatorer och någonstans däremellan för olika panntyper.

Vad i övrigt avser ersättande energi kan man anta att den utgörs av en uppskalning av 1970 års andra uppvärmningsalternativ eller en uppskalning av tillkommande alternativ sedan 1970 med elvärmen exkluderad. Man skulle även kunna tänka sig att utnyttja 2003 –2004 års struktur exklusive elvärme som bas för uppskalningen. Givetvis finns det många andra hypotetiska ersättningsstrukturer men vi avstår från att försöka komponera dylika eftersom man helst bör ha någon slags genomtänkt modellansats som bas för fördelningen om man inte skall hamna i ett moras av tyckande. Att använda sig av uppskalningar av befintliga eller tidigare strukturer är inte heller invändningsfritt men det finns aningen mer stöd för detta eftersom man trots allt utgår från verkliga lägen. Man kan å andra sidan hävda att man med andra grundförutsättningar inte alls skulle ha fått den utveckling som man fick varför alternativet med uppräkningsstrukturen år 2003-2004 inte kan anses riktigt logiskt motiverad.

För att belysa hur spridningen av resultaten från beräkningarna påverkas av olika antaganden har vi tagit med två "extremalternativ". I det ena fallet antar vi att elvärmen ersatts av enbart olja och i det andra fallet med enbart fjärrvärme.

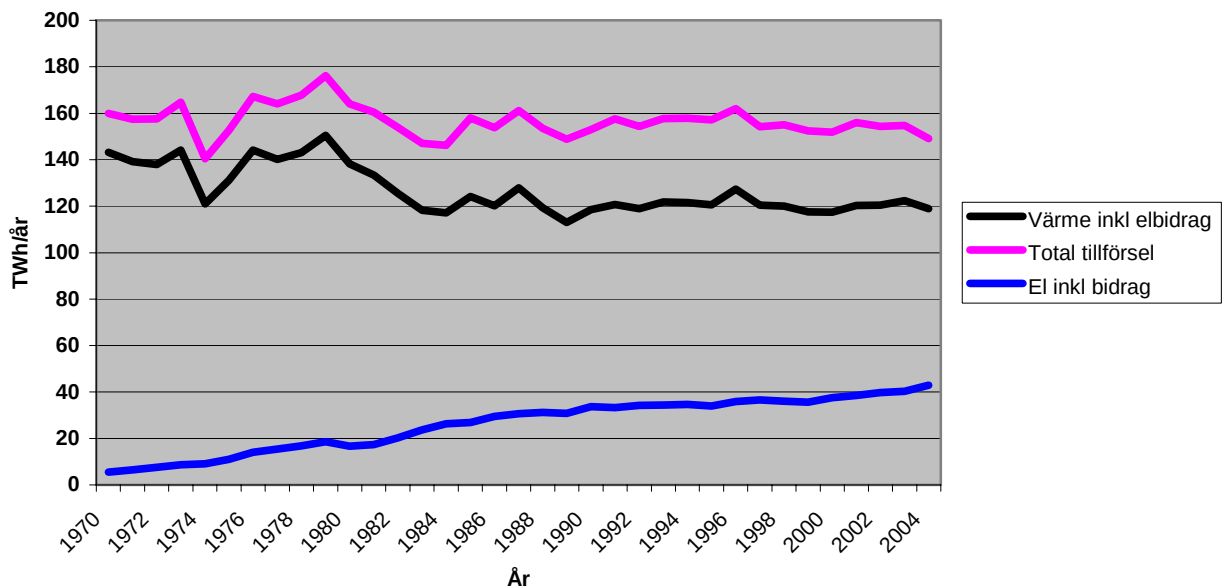
När det gäller tillförselsidan skulle man helst ha optimerat om energisystemet, dvs. avseende främst el- och fjärrvärmetillförseln samt kraftvärmen. I vår förenklade variant har vi utgått från att elbalansen justerats för de ändrade antagandena rörande elvärme. I praktiken skulle detta kunna ha påverkat elprisnivån samt export/importförhållandena men vi har inte beaktat sådana återkopplingar utan har bara gjort en nivåjustering av elproduktionen. Här kan man tänka sig litet olika principer för justeringen. Antingen proportioneras eltillförseln ned lika för alla energislag eller också proportioneras tillkommande elproduktion från 1970 och framåt ner. Det första alternativet kommer att främst visa effekten om man investerat för fortsatt oljeanvändning i st.f. den satsning på kärnkraft som skedde. Det andra alternativet, att utgå från medelprofilen för den förändrade elproduktionen under hela perioden, innebär att man indirekt tagit hänsyn till de förändrade förutsättningarna under perioden. Vi har valt det senare alternativet eftersom dels 1970 var ett exceptionellt år, dels den tillkommande elproduktion bättre avspeglar effekterna av den ändrade oljeprisnivån. Vid den verkliga oljeprisutveckling vi har haft känns det inte rimligt att räkna med en fortsatt kraftig utbyggnad av oljekraften.

4 Energianvändning för uppvärmning av bostäder och lokaler

Den totala energianvändningen för bostads- och lokalsektorn har under hela perioden pendlat kring nivån 160 TWh inkl hushålls- och driftel [3]. Under den första oljekrisen 1974 skedde en minskning med ca 12 % till 140 TWh men användningen ökade sedan till 176 TWh fram till 1979 som representerar toppvärdet. Efter den andra oljekrisen 1980 skedde ånyo en minskning ner till 146 TWh år 1984. Sedan dess har nivån pendlat inom intervallet 150-160 TWh. Vi har inte temperaturjusterat uppgifterna varför en stor del av variationen sannolikt kan hänföras till olika temperaturförhållanden.

I figuren nedan redovisas förutom den totala energitillförseln (av inköpt energi) även en grov uppskattning av den del som avser enbart uppvärmning efter det att man försökt ta hänsyn till den del av hushålls- och driftelen som tillgodogörs för uppvärmning (förutom den el som är direkt avsedd för uppvärmning). El inkl bidrag i nedanstående figur utgör således summan av elvärme samt tillgodogjord spillvärme från hushålls- och driftel.

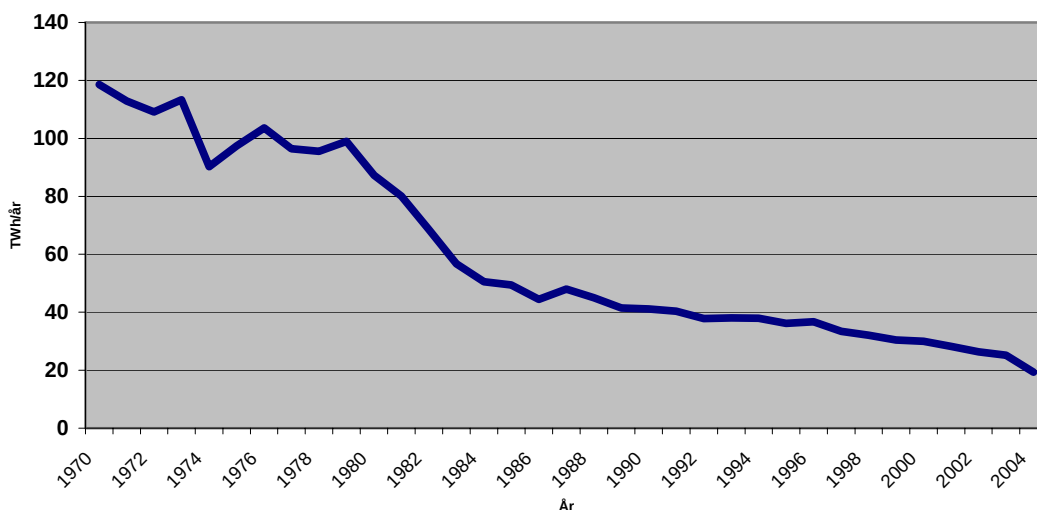
Energitillförsel för bostäder och lokaler 1970-2004



Oljeanvändningen har trendmässigt minskat under hela perioden. Användningsnivån år 1970 var ca 119 TWh. Den största minskningen inträffade under perioden 1979-1986 efter den andra oljekrisen då oljeanvändningen minskade med ca 55 TWh eller med ca 55 %. Därefter har oljeanvändningen

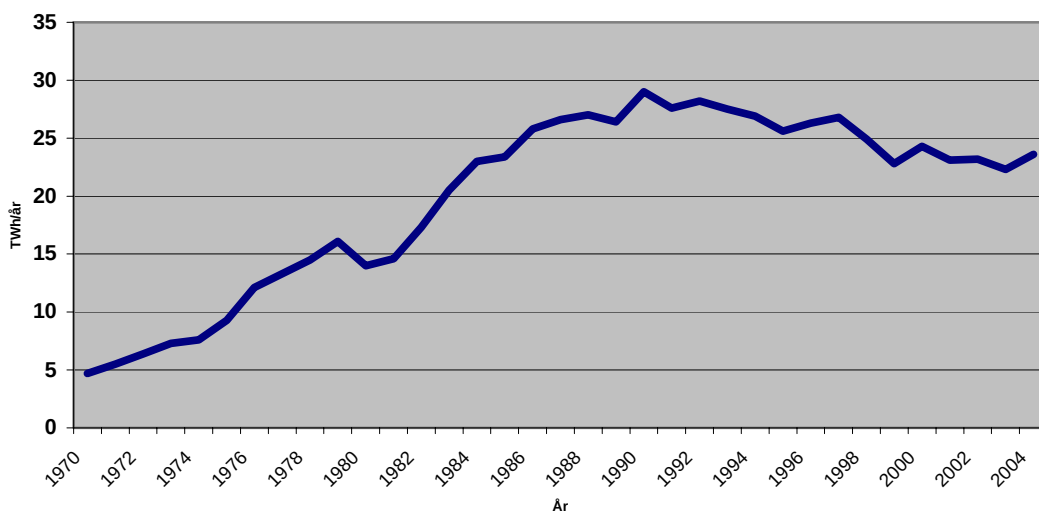
minskat i relativt jämn takt ner till ca 25 TWh år 2003. År 2004 skedde en relativt kraftig nedgång till ca 19 TWh.

Oljeanvändning i bostäder och lokaler 1970-2004



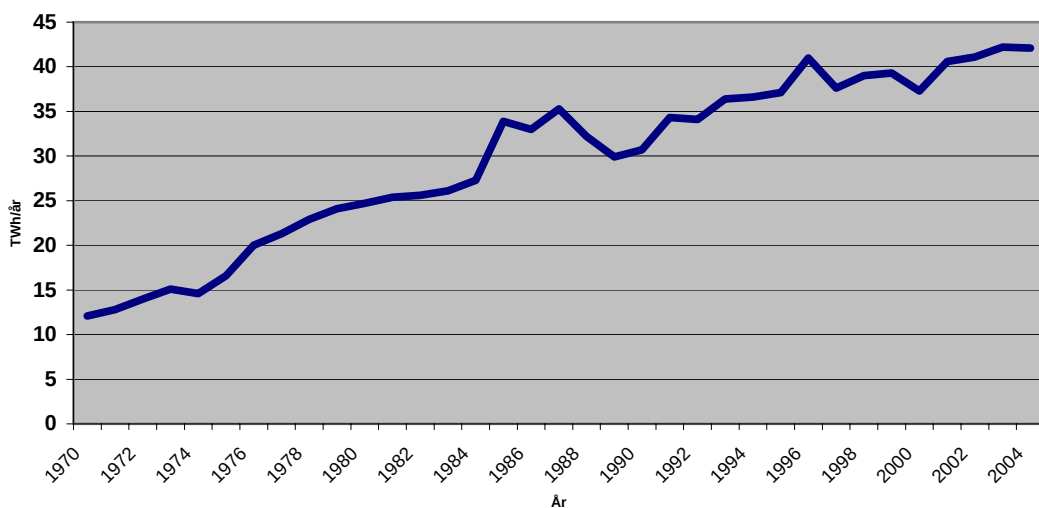
Elvärmen har trendmässigt ökat från ca 4,7 TWh år 1970 till ca 27 TWh vid slutet av 1980-talet. Efter den första oljekrisen 1974 ökade andelen elvärmda småhus i nyproduktionen till 65-75 %. Den andra oljekrisen 1980 medförde ett hack i kurvan som sannolikt beror på ökat intresse för energibesparing i samband med den andra oljekrisen. Från 1990 och framåt har elvärmen trendmässigt minskat långsamt från nivån 28-29 TWh till nivån ca 23 TWh vid slutet av perioden. Det bör noteras att vi har baserat elvärmeuppskattningen på Energimyndighetens statistik. Enligt CDL:s "Elkonsumtionen 1970-1980" uppskattas elvärmen till 2,5 TWh år 1970 och enligt bedömningar av Anders Sjögren vid Vattenfall till ca 3,1 TWh.

Elvärme i bostäder och lokaler 1970-2004



Fjärrvärmen har trendmässigt ökat från ca 12 TWh år 1970 till ca 42 TWh år 2004.

Fjärrvärme i bostäder och lokaler 1970-2004



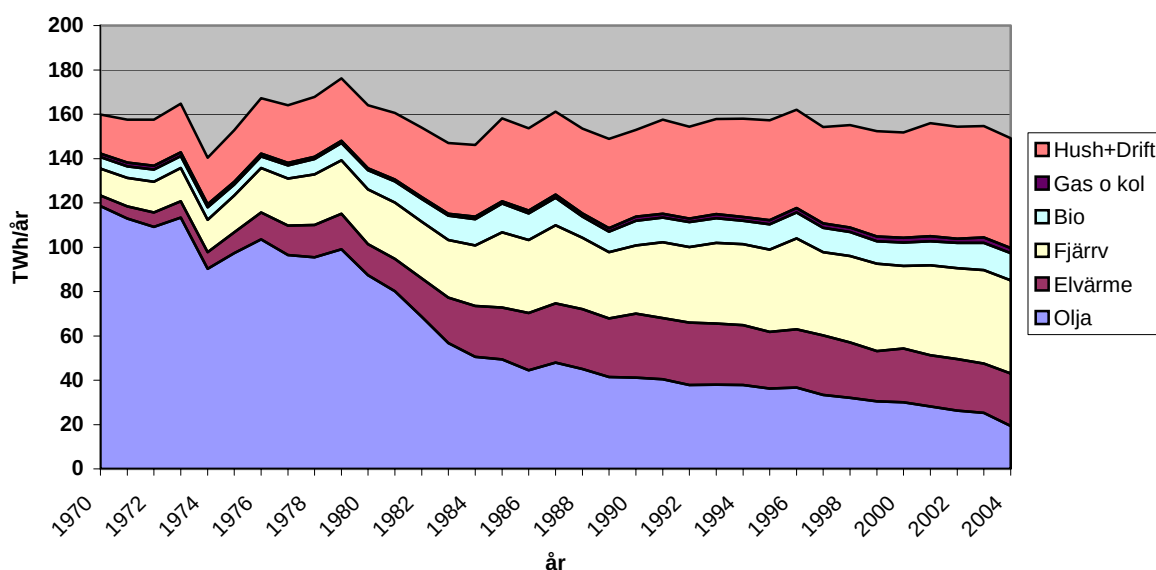
Stadsgas och naturgas har ökat obetydligt under perioden. Naturgasen har tillkommit medan stadsgasen har minskat.

Vedbränsleanvändningen ökade något efter den första oljekrisen men framförallt i samband med den andra oljekrisen då nivån höjdes från ca 7

TWh till 12 TWh. Användningen har sedan pendlat inom intervallet 10-12 TWh/år.

Nedanstående diagram visar sammansättningen av den totala energianvändningen inom bostäder och lokaler.

Enenergianvändning i bostäder och lokaler 1970-2004



Vi har också valt att visa användningen av hushålls- och driftel i det första diagrammet eftersom denna energitillförsel även till viss del bidrar till uppvärmningen samt har ökat från ca 18 till 50 TWh under perioden. Vi väljer i fortsättningen att redovisa effekterna av den direkta elvärmeförseln men ger en kompletterande bild när man även tar hänsyn till bidraget till uppvärmningen från hushålls- och driftel.

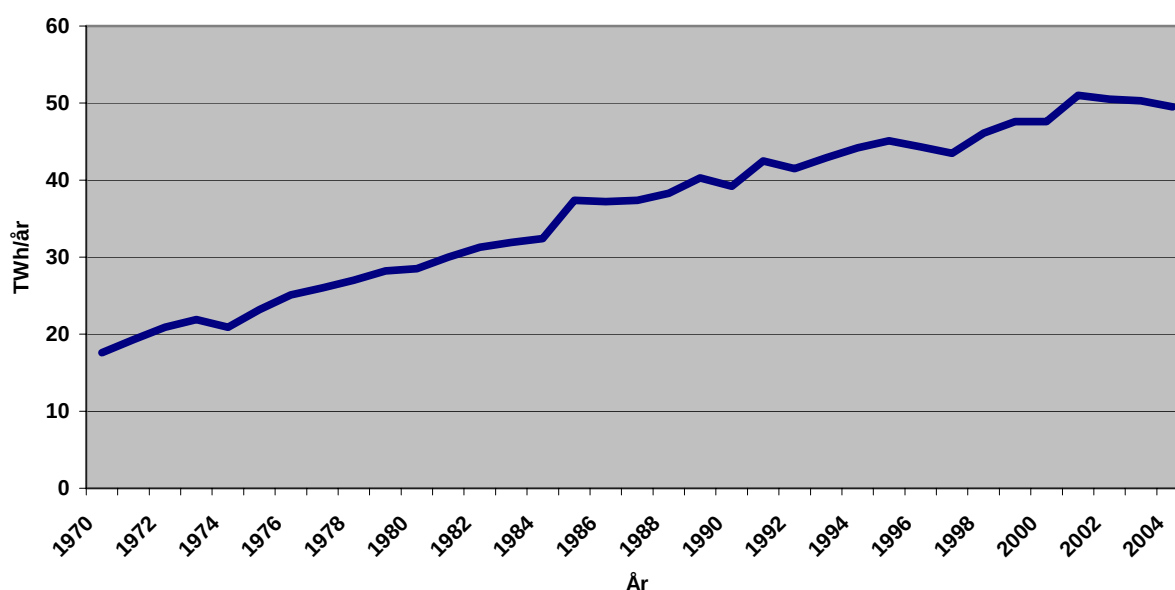
Vi har gjort relativt grova bedömningar om hur mycket av hushålls- resp. driftelen som tillgodogörs som bidrag till uppvärmningen. De bakomliggande antagandena är följande [4]. Inom lokaler och flerbostadshus antas ingen spillvärme tillgodogöras före år 1985. Därefter antas installation av bättre termostater och värmereglering samt värmeåtervinning öka återvinningen till 50 % vid slutet av perioden.

Småhus med olje- eller elpannor antas återvinna 10 % av elenergin före 1985 och med 45 % mot slutet av perioden. De direktelvärmda husen antas återvinna 25 % av elenergin före 1985 och 60 % vid slutet av perioden. Vid beräkningen av återvunnen energi från hushålls- och driftel har vi dragit bort den del av elanvändningen inom bostäder och lokaler som bedömts att inte påverka värmebalansen i husen. Dessa kalkyler indikerar att de tillgodogjorda värmebidragen från hushålls- och driftel varit av storleksordningarna 0,8 TWh år 1970 resp. 3,5 TWh år 1985 samt 19,5 TWh år 2004. En grov interpolerad

uppskattning av värmebidraget under hela perioden uppgår till 216 TWh värme.

Den återvunna elenergin är enligt denna något osäkra kalkyl av samma storleksordning som den el som sätts in för uppvärmning. Det bör observeras att denna kalkyl inte inkluderar tillgodogörande av "fri energi" från berg, mark, sjö eller uteluft som tillvaratas via värmepumpar. Denna tillförsel kan grovt skattas till ca 9 TWh år 2004. Detta baseras på följande antaganden. Stora värmepumpar i fjärrvärmeproduktionen bidrog 2004 med 6,4 TWh värme vilket efter avdrag för insatt elenergi ger ett nettotillskott om 4,1 TWh. De ca 220 000 bergvärmepumparna (inkl. jord och vatten) kan grovt beräknas bidra med ca 4,5 a 5 TWh netto och de ca 110 000 uteluftvärmepumparna med netto ca 0,7 TWh. År 1970 var bidraget från värmepumpar försumbart. De stora värmepumparna i fjärrvärmen har sedan 1987 bidragit med ca 4-5,5 TWh netto/år. Totalt har de under perioden bidragit med 94 TWh "fri energi" enligt el-statistiken. Övriga värmepumpar som tar in extern energi har främst bidragit i någon större omfattning de senaste åren. Grovt uppskattat har de övriga värmepumparna bidragit med drygt 10-talet TWh "fri energi".

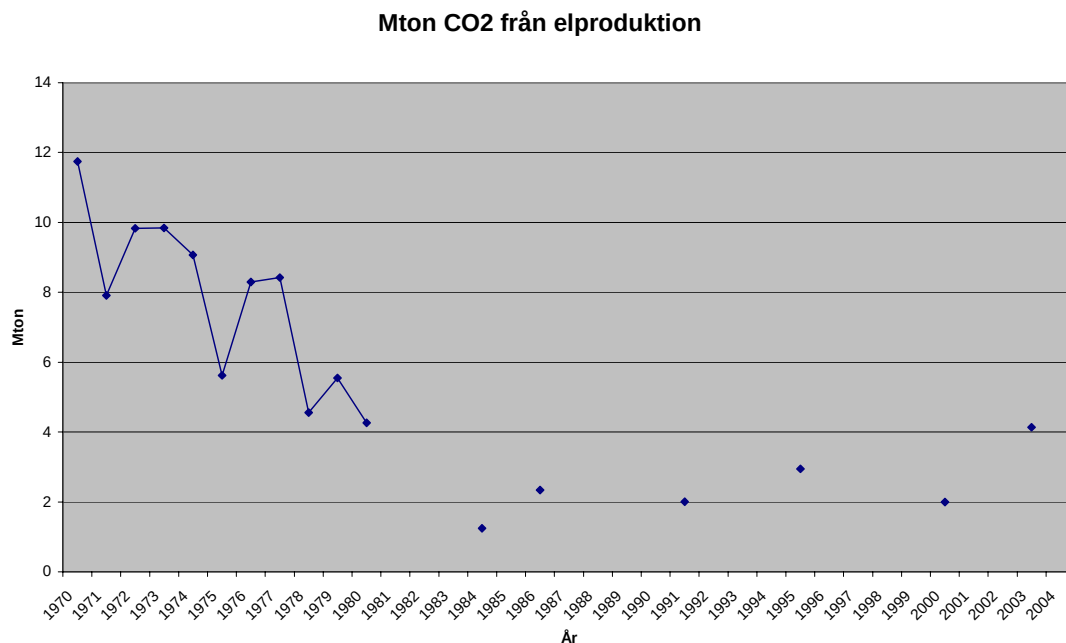
Hushålls och driftel i bostäder och lokaler 1970-2004



5 Elproduktion

Analysen grundas på den svenska elproduktionen på årsbasis. Visserligen har elutbyte med grannländer förekommit men i huvudsak har Sverige varit självförsörjande på el. Hänsynstagande till elvärmens förbrukningsprofil har inte gjorts i denna studie utan elvärme har behandlats som genomsnitts-el.

År 1970 var ur elsynvinkel ett exceptionellt år eftersom man hade ett extremt torrår samtidigt som det var högkonjunktur. Detta medförde att man hade en osedvanligt hög andel oljekraftproduktion för att kompensera för den låga vattenkraftproduktionen. Men även fram till 1974 var oljekondensproduktionen relativt hög. Därefter kom den första oljekrisen samtidigt som kärnkraften började expandera. Som syns i diagrammet ledde detta till att CO₂-utsläppen från elproduktionen trendmässigt minskade från nivån ca 10 Mton i början av 1970-talet till nivån ca 2 Mton från mitten av 1980-talet till nutid. Torråret 2003 ökade CO₂-utsläppen till ca 4 Mton från den svenska elproduktionen. Därtill skedde en ökad nettoimport från grannländer som inte medräknats här. (Dataunderlaget har hämtats från Energimyndighetens rapport "Energiläget i siffror 2005" kompletterad med uppgifter från El- och fjärrvärmestatistiken samt den årliga energistatistiken. P.g.a. svårigheterna att få tag på äldre statistik baseras CO₂-beräkningarna på en blandning av data från olika källor samt egna skattningar av vissa saknade värden.) [5]



Eftersom elanvändning och elproduktion ökat från nivån 60 TWh vid början av 1970-talet till nivån 140-150 TWh från 1990 och framåt betyder ovanstående att de genomsnittliga CO₂-utsläppen per använd TWh el minskat kraftigt. I

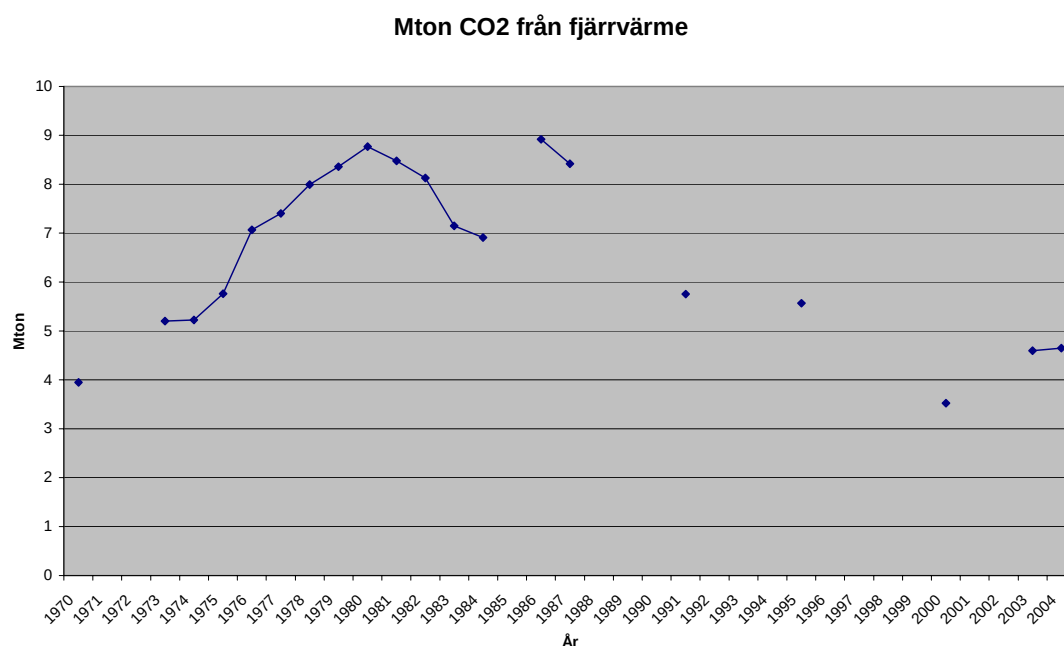
början av perioden låg de med undantag för det exceptionella 1970 på nivån 0,130-0,150 Mton/TWh el (på användarnivå) för att senare ligga på nivån 0,010- 0,020 Mton/TWh (med undantag för torråret 2003 då de uppgick till ca 0,030 Mton/TWh).

Man kan föra olika resonemang om vilken elproduktion man skulle ha haft utan elvärme. Vi har i grundkalkylen bara proportionerat elproduktionen, dvs. använt samma produktionsmix som i verkligheten. Alternativt kan man föra ett resonemang om att den minskade elproduktionen vid lägre elvärme till en början skulle kunna ha bestått i oljekondens. Sedan oljekondensen i stort sett slutat användas (annat än som effekt- och torrårsreserv) mot slutet av 1970-talet kan man på basis av kostnadsförhållandena anta att den minskade elproduktionen sannolikt främst skulle ha bestått av kraftvärme. Kärnkraftens produktionsförmåga har utökats via dels ökad tillgänglighet dels via kapacitetsuppgradering i samband med underhåll och reinvestering av olika komponenter. Huvuddelen av denna produktionsökning har varit mycket lönsam och skulle normalt komma före andra alternativ. Ur CO₂-synpunkt betyder detta att CO₂-utsläppen från elproduktionen skulle ha varit lägre än enligt grundkalkylen. Från slutet av 1970-talet och framåt skulle man därvid ha legat på en nivå kring ca 0,5 till 1 Mton CO₂/år medan uppskattningen för början av 1970-talet är mer vanskelig. Om man reducerar elproduktionen från oljekondens (och oljekraftvärme) med reduktionen av elvärmens (inkl överföringsförluster) betyder detta minskningar av CO₂-utsläppen med grovt räknat ca 3,5 –5 Mton CO₂/år i början av 1970-talet. Detta innebär att de genomsnittliga CO₂-utsläppen från elproduktionen minskas med ca 0,060 Mton/TWh el under dessa år vid dessa antaganden.

6 Fjärrvärme

Användningen av olja i fjärrvärmerna dominerade i början av 1970-talet och ökade fram till den andra oljekrisen 1981 varefter oljan successivt ersattes av andra energislag. Under perioden 1981-1987 ökade kolanvändningen för att sedan successivt avta. Biobränsleanvändningen har vuxit trendmässigt under hela perioden dock med större volymer sedan början av 1990-talet. Även ökande volymer av torv och avfallsseldning har bidragit till den ökade fjärrvärmeproduktionen och oljeersättningen. Sedan slutet av 1980-talet har eldrivna värmepumpar även bidragit med ca 6-7 TWh värme.

Fjärrvärmeanvändningen på konsumentnivå har från 1970 ökat från ca 12 TWh till dagens ca 47 TWh. Detta samt den ökande delen icke fossila energiinsatser har betytt att de genomsnittliga CO₂-utsläppen per använd TWh har minskat från nivån 0,320-0,330 Mton/TWh under 1970-talet till nivån 0,100 Mton/TWh i nuläget.



7 Samhällsperspektiv på elvärmens inverkan

Enligt vad som tidigare indikerats i avsnitten 2 och 3 är det mycket svårt att uttala sig om vad som skulle ha hänt om man inte fått det faktiska händelseförloppet. Följande bör därför bara ses som en del kalkylexempel som indikerar effekterna av elvärmeanvändningen.

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv har elvärmen bl a inneburit

- mindre investeringar i uppvärmningssystem för främst småhusen
- större investeringar i mer energisnåla konstruktioner för småhus via bl.a. skärpta byggnormer förorsakade av elvärmen samt därav följande mindre behov av uppvärmningsenergi
- högre investeringar i elsystemet
- minskad import av oljeprodukter
- minskade utsläpp av ämnen som är skadliga för omgivning och människor vilka kan ges ett monetärt värde. (t.ex. minskade skador på areella resurser, byggnader mm från luftföroreningar, minskad sjukdom och dödlighet från olika utsläpp)
- samt eventuella följd effekter för teknik och näringslivsutveckling av ovanstående

De miljö- och hälsorelaterade effekterna kan även ses som nackdelar även ur ett icke ekonomiskt perspektiv. Dessa består bl. a av

- störning av den ekologiska balansen
- besvär av inducerade sjukdomar (försämrade livssituation p.g.a. lungsjukdomar, cancer, allergier)

Vi har valt att behandla andra miljöeffekter än CO₂-utsläppen under avsnitt 8 även om de kanske i lika hög eller högre grad även kan ses ur ett samhällsperspektiv.

7.1 Olje- och CO₂- reducering via elvärme samt miljöinverkan

Nedan redogörs för några kalkylexempel över vilken tänkbar effekt elvärmen har haft på energianvändningen och CO₂-utsläppen.

7.1.1 Årsvis utbyten av all elvärme mot aktuell användningsprofil

Kalkylerna har utförts för hela bostads- och lokalbeståndet samlat. Beräkningsgången har varit att utgående från den verkliga energianvändningen för uppvärmning med hjälp av skattade verkningsgrader uppskatta den nyttiggjorda värmen från de olika energislagen för varje år under perioden 1970-2004. Därefter har varje energislags andel av den nyttiggjorda värmen beräknats sedan elvärmen exkluderats. Den totalt nyttiggjorda värmen (inkl. elvärme) har sedan fördelats på de olika energislagen exkl. elvärme; dvs. elvärmen har proportionerats ut på de andra energislagen enligt de relativa andelarna nyttiggjord värme. Därefter har den nyttiggjorda värmen omräknats till använd energi via verkningsgraderna. De så framtagna skattningarna av de olika energislagens bidrag till uppvärmningen exkl. el har sedan jämförts med motsvarande verkliga användningsvärden.

Vid uppskattningarna av verkningsgrader för olika energislag har vi antagit att verkningsgraderna för oljepannsystem successivt höjts från mitten av 1970-talet. I flerbostadshus och lokaler har man bl. a. infört dubbla pannor för att få bättre anpassning efter de varierande behoven. Under 1980-talet fick man bättre brännare samt spjäll som minskade stilleståndsförlusterna. Pannorna har även blivit bättre isolerade. Efter hand har man också infört bättre styrning och termostater. Bedömningen är att årsmedelverkningsgraden förbättrats från ca 60-65 % år 1970 till ca 80 % i nuläget. För elvärmen har vi antagit 100 % i startläget (som ett referensvärde). Under den första perioden med ökat antal konverterade hus har vi bedömt att verkningsgraden i genomsnitt sänkts till ca 95 % för all elvärme. Sedan mitten av 1980-talet har verkningsgraden ökat långsamt p.g.a. installation av värmepumpar (främst frånlufts) för att de senaste åren öka kraftigt i o m den snabba tillväxten av bergvärme- och uteluftvärmepumpar.

P.g.a. bristfälligt statistikunderlag för naturgas, stadsgas, mm råder viss osäkerhet om nivån på de specifika CO₂-utsläppen från uppvärmning baserad på dessa energislag. Eftersom bidragen dock ligger på nivån 1-2,5 % av den totala värmetillförseln har vissa fel i skattningarna dock mindre betydelse varför vi valt att inte fördjupa oss i detta område.

Ersättningen av elvärmen leder enligt dessa förutsättningar till att den totala energianvändningen för uppvärmningen ökar med ca 239 TWh summerat för hela perioden. Detta p.g.a. den lägre verkningsgraden för de ersättande uppvärmningssystemen. Elvärmeersättningen sker enligt kalkylerna främst via olja och fjärrvärme. Om man ser på den årliga ersättningen ökar fjärrvärmen för bostäder och lokaler vid slutet av perioden med ca 15-20 TWh jämfört med den verkliga nivån 34-42 TWh eller med storleksordningen 45-50 %. Det direkta bioenergiutnyttjandet ökar vid slutet av perioden med 5-6 TWh. Om man ser till det indirekta bioutnyttjandet i fjärrvärmen och tar hänsyn till att bioenergiandelen den senaste perioden varit 50-60 % får man addera ca 10 TWh biobränsleutnyttjande mot slutet av perioden. Totalt förutsätter kalkylen därmed att bioutnyttjandet ökas med ca 15-17 TWh jämfört med det verkliga nuläget.

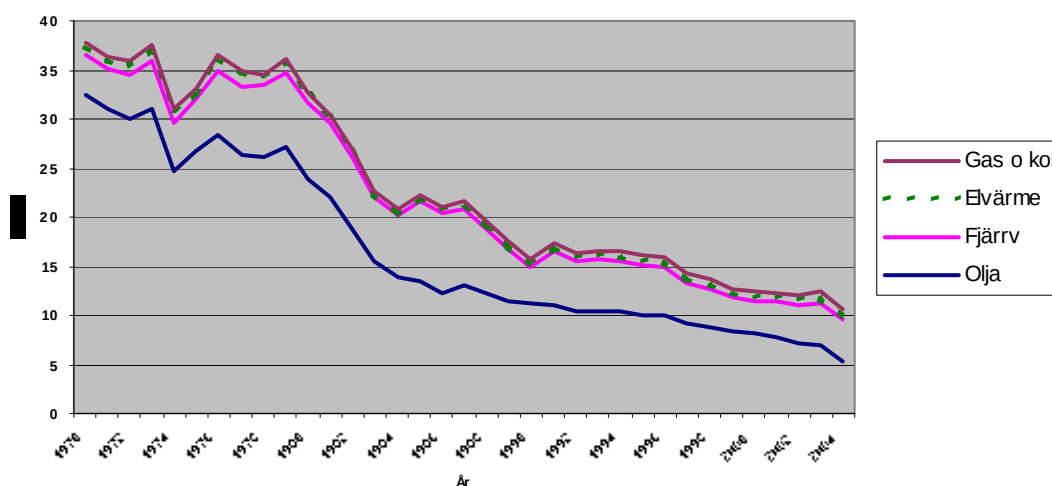
Ackumulerad användning av energi för uppvärmning av bostäder och lokaler 1970-2004. (TWh)

TWh	Olja	Fjärrvärme	Elvärme	Gas mm	Bio	Totalt
Verklig användning	2101	1036	698	55	332	4222
Årlig ersättning av elvärmen	2580	1387	0	55	442	4464
Differens	+479	+351	- 698	+ -0	+110	+242

I genomsnitt betyder detta att elvärmen årligen ersatt ca 13,7 TWh olja, ca 10 TWh fjärrvärme samt ca 3,1 TWh (direkt) biobränsle.

Vad avser CO₂-utsläppen från el- och fjärrvärmeproduktion har CO₂-beräkningarna baserats på varje års skattade CO₂-utsläpp omräknade till en CO₂-utsläppsfaktor. (Se avsnitt 4 och 5 ovan). I övrigt har sedvanliga utsläppsfaktorer utnyttjats lika för alla år.

CO₂-utsläpp för uppvärmning av bostäder och lokaler 1990-2004
Kumulerade uppgifter



Ovanstående bild visar utvecklingen av de totala verkliga CO₂-utsläppen fördelade på ett antal tillförselalternativ. Biobränslen antas enligt konventionen inte medföra någon CO₂-belastning netto och antas därför inte ge några CO₂-utsläpp. Fjärrvärmen behandlas här som ett tillförselalternativ utan uppdelning på underliggande bränslen. CO₂-utsläppen från fjärrvärmen kommer främst från insatsen av olja, kol, naturgas, torv samt industrigaser. Som synes har utsläppen från olja dominerat större delen av tiden. Elvärmen har hela tiden svarat för en marginell del av utsläppen.

Följande tabell visar skillnaden i CO₂-utsläpp baserat på ovanstående kalkylförutsättningar.

Ackumulerade CO₂-utsläpp för åren 1970-2004 (Mton)

	Olja	Fjärrvärme	Elvärme	Gas mm	Totalt
Verkliga CO ₂ -utsläpp	575,6	193,0	21,3	13,8	803,8
Utsläpp exkl elvärme	706,9	248,4	0	13,8	969,1
Differens	+131,2	+55,4	- 21,3	+ -0	+165,3

Det bör observeras att noggrannheten i uppskattningarna inte är så stor som indikeras i tabellen ovan. I denna redovisas endast beräkningsresultaten så att summeringarna skall stämma (någorlunda).

I genomsnitt över hela perioden har elvärmen reducerat CO₂-utsläppen med ca 4,7 Mton/år. De senaste åren har elvärmen enl. kalkylen ersatt ca 4,2-4,5 Mton CO₂ per år.

7.1.2 Utbyte av all elvärme mot olja

Följande kalkyl är mycket hypotetisk eftersom den inte är i överensstämmelse med den förda energipolitiken samt ambitionerna att minska CO₂-utsläppen. Däremot skulle olja kunnat vara ett ur ekonomiskt perspektiv intressant alternativ om den inte skulle belastas av höga skatter och miljöavgifter.

Ackumulerad användning av energi för uppvärmning av bostäder och lokaler 1970-2004. (TWh)

TWh	Olja	Fjärrvärme	Elvärme	Gas mm	Bio	Totalt
Verklig användning	2101	1036	698	55	332	4222
Årlig ersättning av elvärmen	3110	1036	0	55	332	4533
Differens	+1009	+ -0	- 698	+ -0	+ -0	+311

I genomsnitt betyder detta att elvärmen årligen ersatt ca 28,7 TWh olja samtidigt som totala energiinsatsen ökat med 311 TWh eller med ca 8,9 TWh i genomsnitt per år. Sedan mitten av 1980-talet har oljeersättningen rört sig om 35-40 TWh/år. Följande tabell visar skillnaden i CO₂-utsläpp baserat på ovanstående förutsättningar.

Ackumulerade CO₂-utsläpp för åren 1970-2004 (Mton)

	Olja	Fjärrvärme	Elvärme	Gas mm	Totalt
Verkliga CO ₂ -utsläpp	575,6	193,0	21,3	13,8	803,8
Utsläpp exkl elvärme	852,0	193,0	0	13,8	1058,8
Differens	+276,4	+ -0	-21,3	+ -0	+255,0

I genomsnitt över hela perioden har elvärmen reducerat CO₂-utsläppen från olja med ca 8,1 Mton/år, netto med ca 7,5 Mton/år. De senaste åren har elvärmen enl. kalkylen ersatt ca 9-10 Mton CO₂ per år.

7.1.3 Utbyte av all elvärme mot genomsnittlig fjärrvärme

Följande kalkyl är mycket hypotetisk eftersom det inte är speciellt realistiskt att byta ut all elvärme mot fjärrvärme av kostnadsskäl. Man kan även fråga sig i vad mån resursbasen för bioenergi skulle vara tillräcklig och inte leda till högre prisnivåer.

Ackumulerad användning av energi för uppvärmning av bostäder och lokaler 1970-2004. (TWh)

TWh	Olja	Fjärrvärme	Elvärme	Gas mm	Bio	Totalt
Verklig användning	2101	1036	698	55	332	4222
Årlig ersättning av elvärmen	2101	1862	0	55	332	4350
Differens	+ -0	+826	- 698	+ -0	+ -0	+128

I genomsnitt betyder detta att elvärmen årligen ersatt ca 23,6 TWh fjärrvärme samtidigt som totala energinivån ökat med 128 TWh eller med ca 3,7 TWh i genomsnitt per år. Sedan mitten av 1980-talet har fjärrvärmeersättningen rört sig om 25-35 TWh/år.

Följande tabell visar skillnaden i CO₂-utsläpp baserat på ovanstående förutsättningar. Vi har använt de verkliga specifika åtgångstalen (Mton CO₂/TWh använd värme) för varje år multiplicerat med den nya förbrukningsnivån.

Ackumulerade CO₂-utsläpp för åren 1970-2004 (Mton)

	Olja	Fjärrvärme	Elvärme	Gas mm	Totalt
Verkliga CO ₂ -utsläpp	575,6	193,0	21,3	13,8	803,8
Utsläpp exkl elvärme	575,6	340,2	0	13,8	929,7
Differens	+ -0	+147,2	-21,3	+ -0	+125,9

I genomsnitt över hela perioden har elvärmen reducerat de årliga CO₂-utsläppen med ca 3,7 Mton/år. De senaste åren har elvärmen enl. kalkylen ersatt ca 2,5-3 Mton CO₂ per år.

7.1.4 Årvis utbyten av nytilkommande elvärme mot aktuell användningsprofil

Vi har valt att inte genomföra dessa beräkningar eftersom skillnaden mot kalkylexempel 7.1.1 inte är speciellt stor.

7.1.5 Sammanfattning av effekterna av utbyte av elvärme

Beroende på beräkningsalternativ får man vid en total ersättning av elvärmen en ökning av den totalt använda energin från ca 125 TWh till ca 300 TWh under perioden. Om oljan skulle ha svarat för all ersättning skulle den extra oljeanvändningen ha motsvarat ca 1000 TWh. Om i stället fjärrvärmen svarat

för all ersättning skulle detta ha medfört en extra fjärrvärmeproduktion om ca 825 TWh.

Vid en proportionell ersättning blir den extra olje användningen ca 480 TWh och den extra fjärrvärmen ca 350 TWh.

Översatt till CO₂-utsläpp skulle dessa ha ökats med ca 125-255 Mton under perioden beroende på beräkningsalternativ. Om oljan skulle ha svarat för all ersättning skulle ökningen ha blivit ca 255 Mton CO₂ medan ersättning med fjärrvärme skulle ha gett en ökning med ca 125 Mton och en proportionell ersättning ca 165 Mton. Den totala utsläppsnivån i Sverige år 1990 utgjorde enl. Energimyndigheten ca 53 Mton CO₂ vilket innebär att utsläppsökningen rör sig i intervallet 2,35 till 4,8 årsutsläpp extra. Genomsnittligt betyder detta ca 6 till 12 % ökad CO₂-utsläppsnivå under perioden om elvärmen skulle ha ersatts med annan energi enligt kalkylförutsättningarna.

8 Konsumentperspektivet

8.1 Ekonomi

8.1.1 Energikostnader

I denna studie har vi främst försökt belysa kostnadsaspekterna ur ett konsumentperspektiv.

Grundfrågan vi har ställt är i vilken mån elvärmekunderna har gjort en bra eller dålig affär rent kostnadsmässigt genom att satsa på elvärme. Denna fråga kan sedan preciseras till att avse kostnadskonsekvenserna för vissa kategorier som gjort ett energival vid vissa tillfällen. I första hand har vi frågat oss hur utfallet har blivit för de kunder som vid nybyggnation valt elvärmealternativ (som direktel eller elpanna). Man kan även fråga sig hur extrainvesteringar i kompletterande el har lönat sig.

Man får dock bara se de bedömningar som görs som indikativa då det är mycket vanskligt att göra dylika beräkningar. Egentligen har olika kunder egna preferenser vad avser energisystemens generella egenskaper och olika syn på kostnadsprofilen och avvägningen mellan investeringar och driftkostnader. I många fall har det dessutom varit entreprenörer/byggföretag/kommuner som har bestämt vilket uppvärmningssystem som skulle installeras på basis av andra värderingar än de kanske kunderna hade. Byggnormerna har också inverkat på systemvalen. Eftersom det främst är småhusägarna som har möjlighet att själva välja uppvärmningssystem och energislag begränsar vi oss till att belysa deras situation.

Generellt sett kan man välja att satsa mer eller mindre pengar (investeringar) på olika åtgärder för att begränsa energianvändningen (mer isolering, bättre fönster, värmeåtervinning etc.) både vid nybyggnation och senare i samband med renovering/utbyte eller större energiprisförändringar. Enligt SCB:s [6] och andra undersökningar har konsumenterna genomfört en hel del energieffektiviserande åtgärder men vi har inte haft möjlighet att ta hänsyn till detta i föreliggande grova analys. Vår analys begränsas till vissa enklare kalkyler rörande typfall.

Inflationen, som stundvis har varit mycket hög, utgör ett problem när man försöker utvärdera utvecklingen över en längre tidsperiod. Konsumentprisindex har mellan 1970 och 2004 nästan 7-dubblats. Under motsvarande period har oljepriset på konsumentnivå 35-dubblats och elpriset 16-dubblats. En stor del av ökningen av olje- och elpriserna har berott på en kraftigt ökad beskattning. (Elprisangivelsen är baserad på Energimyndighetens/SCB:s uppgifter. Dessa behöver inte vara representativa för alla konsumenter eftersom det är en rätt stor spridning i elpriset samt för eldistributionen. Dessutom skiljer skatten mellan olika delar av landet.)

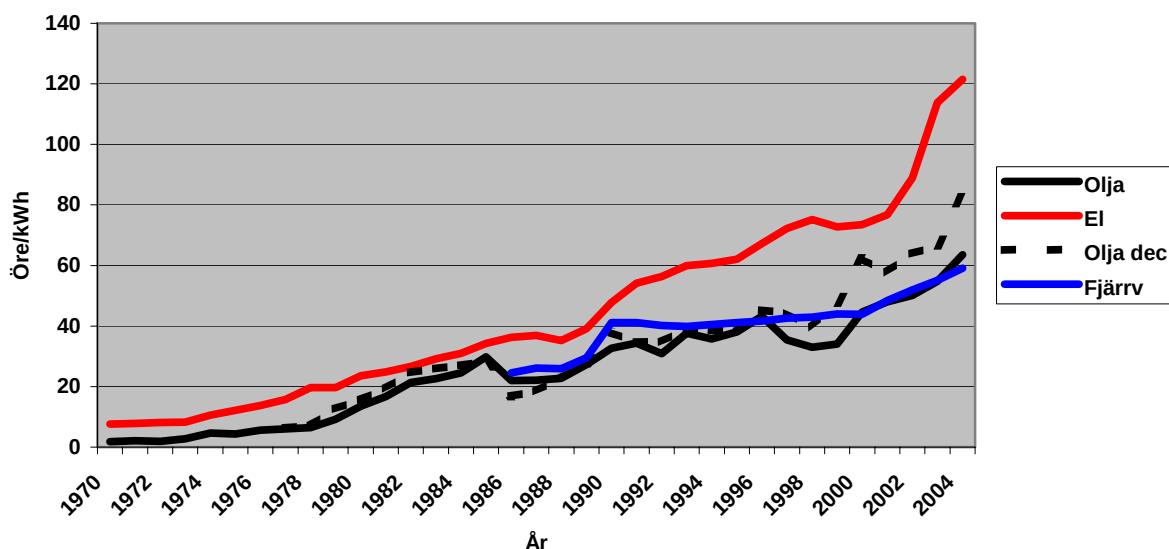
Efter ränteavdrag och marginalsatt har realräntan under vissa perioder varit negativ. Allt annat lika borde en kraftig inflation medföra att investeringar upplevs som mer intressanta men huruvida detta har fått genomslag har vi inte försökt att analysera. De svenska byggnormerna har dock troligen verkat i riktning mot en högre investeringsnivå för att sänka energiförbrukningen. Entreprenörer har sannolikt haft en viss tendens att välja elvärmelösningar då dessa kräver mindre investeringar.

8.1.2 Prisutveckling

Följande är baserat på material från Energimyndigheten, kompletterat med sammanställningar erhållna från Anders Sjögren vid Vattenfall. Anders Sjögrens sammanställningar innehåller elprisdata från 1960 –1996 baserat på vid respektive tillfälle aktuella tariffer och beskattning samt oljepriser från 1977 och framåt. Diagrammet nedan är baserat på Energimyndighetens uppgifter som avser medelårspriser inkl skatter och avgifter. Oljepriserna vid slutet av varje år enligt Sjögrens statistiksammanställning har även lagts in som en jämförelse. När man skall jämföra olja mot el ur ett konsumentperspektiv bör man justera dessa ingångssiffror med representativa verkningsgrader samt för att fortsättningskostnaden för el blir lägre för elvärme än för hushållsel. Elpriset kan även skilja en hel del mellan olika kunder beroende på vilken kontrakttyp och längd som valts. Enl. SCB:s elprisstatistik [7] har ca 50 % av elkunderna "normalpris" och resten främst fastpris under 1-3 år. Normalt sett är elvärmekunderna mer aktiva i valet av el-kontrakt vilket torde innebära att de även kan ha ett lägre pris än kunder utan elvärme som i högre grad utnyttjar kontraktsformer av typen "tillsvidare/normalpris".

Årsmedelverkningsgraden för äldre oljepannor kan tidigare ha legat på nivån 65 % för att senare öka mot 80 a 85 %. Vid kombidrift med el under vår, sommar och höst och olja under vintern ökas verkningsgraden för oljeeldningen mot den högre delen av intervallet.

Prisutveckling 1970-2004, löpande inkl skatt



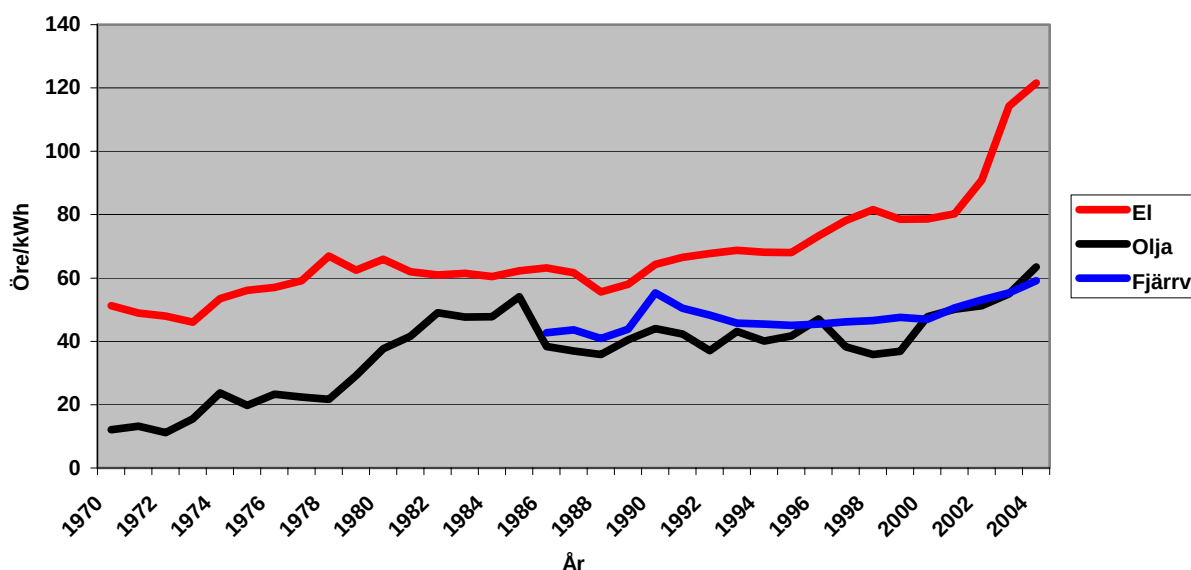
Oljepriset låg 1970 på ca 180 kr/m³ men har i omgångar stigit till ca 8200 kr i december 2004 eller med ca 46 gånger 1970 års nivå. (Medelprisinivån enl. Energimyndigheten och diagrammet ovan var ca 6300 kr/m³). Själva oljepriset exkl. skatter har dock "bara" ökat med ca 18 gånger. Konsumentprisindex har under samma period ökat med 6,7 gånger. Oljepriset har främst ökat under "oljekriserna" 1974, 1981, 2000 och 2004. Skatter och avgifter har trendmässigt ökat och då speciellt efter 1999. Vid slutet av 2004 utgjorde skatterna ca 50 öre/kWh eller ca 60 % av totalpriset.

Elpriset låg 1970 på ca 7,6 öre/kWh och har ökat till ca 120 öre/kWh år 2004 eller med ca 16 gånger. Exkl. skatter har ökningen varit ca 10 gånger. Elskatter och -avgifter har speciellt mot slutet av perioden bidragit till ökningen. De direkta elskatterna och avgifterna på elanvändningen utgör år 2004 ca 42 % av priset. Därtill kommer indirekta skatter och avgifter på elproduktionen som kärnkraftskatt och miljöavgifter.

Vad avser **priset för fjärrvärmeleveranser** finns inga lättillgängliga och representativa uppgifter för hela perioden. Energimyndigheten redovisar priser för perioden 1986 till 2004. Sannolikt avses genomsnittspriser vilket då främst torde avspegla leveranser till flerbostadshus och lokaler vilka sannolikt inte är representativa för småhus. Om man ser till genomsnittspriset på fjärrvärme har det under perioden 1986-2004 ökat med ca 2,4 ggr att jämföra med ca 3,3 ggr för elvärme och 2,9 ggr för eldningsolja. Fjärrvärmekunderna har därmed generellt sett haft en relativt el och olja förmånlig prisutveckling mot slutet av perioden. En ändring av produktionsmixen från olja till bibränslen, avfall och spillvärme med förmånlig beskattning torde utgöra en viktig förklaringsfaktor.

Nedanstående diagram visar prisutvecklingen inkl. skatter och avgifter omräknat till 2004 års prisnivå med hjälp av KPI. En el-användare har haft en i huvudsak stabilare och långsammare prisutveckling under större delen av perioden med undantag för den senaste 10-årsperioden och då speciellt de senaste åren. Oljepriserna utvecklades mycket ogynnsamt fram till 1986 då det skedde ett större prisfall. Därefter har realpriset legat trendmässigt konstant till början av 2000-talet då en kraftig uppgång påbörjades. Den är dessutom kraftigare än vad som framkommer i diagrammet som ju baseras på medelpriserna. Prisnivån vid slutet av 2004 var ca 85 öre/kWh och ligger f.n. på ca 95 – 100 öre/kWh. Fjärrvärmepriset har sedan 1986 utvecklats ungefär i linje med oljepriset men har inte haft samma starka prisuppgång mot slutet som el och olja.

Reala priser inkl skatter och avgifter 1970-2004



Ökningen av realpriserna betyder att konsumenter som valt energieffektiva lösningar haft en fördel av detta eftersom både el- och oljepriserna reellt ökat under perioden som helhet. (Även fjärrvärmen har ökat reellt sedan 1986 och sannolikt i högre grad från 1970 eftersom fjärrvärmeproduktionen då till 96 % baserades på olja som vid den tiden var billig). Detta gynnar i princip de som valt elvärme mer eftersom elvärmda hus normalt byggdes med bättre isolering i början av perioden samt senare också i hög grad utrustades med värmeåtervinning.

För de som valde elvärme under 1970-talet eller början av 1980-talet var utvecklingen gynnsam fram till 1986 eftersom oljepriserna ökade kraftigt under denna period. För de som valde elvärme under 1980- och 1990-talen har elprisutvecklingen varit något ogynnsam. Detsamma gäller de som konverterat från olja till el eftersom elpriserna stigit kraftigare än oljepriserna under denna period. I den mån extrainvesteringen varit låg (t ex

komplettering med el-patron i kombipanna) kan delkonvertering ändå ha varit lönsam m h t skillnaden i verkningsgrad mellan olje- och eldrift under varmare delar av året.

8.1.3 Rörliga energikostnader/Exempelkalkyler

Kalkylerna baseras på energiförbrukningen för uppvärmning av småhus enligt SCB:s undersökning för år 2003 (hushållselen exkluderad). Enligt denna förbrukade ett enbart oljevärt hus i genomsnitt ca 28 500 kWh olja/år medan ett direktelvärt hus förbrukade ca 14 500 kWh el och ett elpannehus ca 16 500 kWh el. I vår kalkyl antar vi att de elvärmda husen i huvudsak haft likartad energiförbrukning över hela perioden, d v s vi bortser från ev. förbättringar som har skett och räknar med 15 500 kWh/år för uppvärmningen i genomsnitt för de elvärmda husen. För det alternativa oljevärmda huset har vi räknat med tre alternativ. I det första antas huset ha förbrukat 28 500 kWh olja under alla år. I det andra alternativet har vi antagit att verkningsgraden för oljepannan har förbättrats från 65 till 80 % under perioden. I det tredje alternativet har vi räknat om det elvärmda husets energianvändning till olja genom ovannämnda antaganden om verkningsgrader. I samtliga fall har vi räknat om tidigare års energipriser till 2004 års prisnivå för att få någorlunda adderbara uppgifter.

Vi har begränsat oss till att beräkna de direkta energikostnaderna för el – resp. olje- alternativen eftersom det blir rätt svårt att ta hänsyn till investerings- och driftkostnaderna i övrigt. De elvärmda husen kräver generellt lägre investeringar för själva energisystemen, speciellt vad avser direktel där man inte behöver ett speciellt distributionssystem, skorsten och utrymme för oljepanna och oljetank. Däremot kan de elvärmda husen vara bättre isolerade vilket kräver mer investering. Man kan vidare starkt misstänka att de oljevärmda husen är större än de elvärmda vilket också kan förklara den stora skillnaden i energiförbrukning mellan elvärmda och oljevärmda hus. Vid jämförelsen bör man helst också beakta merkostnaderna för drift och underhåll för de oljevärmda husen. Sotning och brännarjustering utgör för oljan exklusiva tillkommande kostnader.

Resultaten av kalkylerna blir att de elvärmda husen i allmänhet har gett lägre direkta energikostnader om man enligt alternativ 2 antar att de haft 2003 års energianvändning under hela perioden. Undantaget är hus byggda år 1995 för vilka den årliga kostnaden blir ca 90 kr/år högre. Mest gynnsamt var det för elvärmda hus byggda år 1980 som gav ca 1350 kr/år lägre energikostnader.

Om man enligt alternativ 1 antar att verkningsgraden hos de oljeeldade husen har förbättrats över perioden förbättras kalkylerna för de elvärmda husen som byggdes i början av perioden jämfört med föregående kalkyl. Bästa besparing är som tidigare för husen från 1980 som gör en årlig lägre energikostnad om ca 3100 kr/år medan 1970 års hus får ca 2 500 kr/år lägre kostnad.

Om man räknar på alternativ 3 (elenergi uppräknad till olja via antagen verkningsgrad) leder detta genomgående till högre energikostnader för de elvärmda husen. Hus byggda under perioden 1970-1980 får en merkostnad

om ca 1450 till 1650 kr/år. Från 1985 och framåt ökar merkostnaden från ca 2550 kr/år till ca 4700 kr/år för husen från 2000.

Kalkylerna är dock rätt känsliga för oljeprisutvecklingen. Om man räknar med oljepriset vid årsslutet 2004 i st.f. medelvärde för 2004 för året 2004 förbättras kalkylerna för elvärme relativt olja med ca 200 till 1200 kr/år i alternativ 1 och 2. I alternativ 3 förbättras el-kalkylen vs olja med ca 150 till ca 800 kr/år. Störst genomslag sker givetvis för de senast byggda årgångarna där det högre oljepriset vikt in mest.

Sammanfattningsvis har de som valt elvärme sannolikt haft en lägre direkt energikostnad än vid ett oljealternativ under förutsättning att de elvärmda husen har de bättre energiprestanda som framkommer i SCB:s statistik för småhus. I det fall man skulle ha byggt de oljevärmda husen med samma energiprestanda som de elvärmda, d v s bara räknat upp energianvändningen med pannverkningsgraden, skulle energikostnaden för el genomgående ha varit högre.

8.2 Miljö mm

8.2.1 Närmiljö och hälsa

Utsläppen från energiproduktion och användning har effekter på miljö, anläggningar och människors hälsa. Exempel är förurning, korrosion och besvär med andningsorganen. Vi har här inte försökt beskriva dessa effekter utan bara försökt redovisa uppskattningar av mängderna utsläpp av vissa ämnen från olika uppvärmningsalternativ som en indikation av de relativa effekterna från olje- och fjärrvärme jämfört med elvärme. Uppskattningarna har i möjligaste mån hämtats från rapporter och äldre statistik men vi har i vissa fall fått göra vissa egna uppskattningar/beräkningar.

Det bör betonas att vi här koncentrerat oss på jämförelsen mellan olika uppvärmningsalternativ och inte med andra sektorer och verksamheter.

När det t ex gäller utsläpp av NO_x och partiklar svarar trafiken i nuläget för en dominerande del av de svenska utsläppen. Till detta kommer att andra länder bidrar med de dominerande tillskotten av NO_x och inandningsbara partiklar. Trettio år tillbaka i tiden kunde dock energianläggningar ge ett betydande lokalt bidrag.

I stort gäller ovanstående bild också för SO_x-utsläppen i Europa. Utsläppsminskningarna har dock för SO_x varit mycket större än för övriga luftföroreningar både i Europa som helhet och i Sverige.

Problemet är att uppskattningarna för tidigare år skiljer avsevärt mellan olika källor. Utsläppsskattningarna enligt rapporten "Elproduktionens utsläpp av svavel, kväveoxider och koldioxid i Sverige 1960-1990" [8] ger avsevärt högre nivåer för svavel- och NO₂- utsläppen än statistiken från Kraftsam. För perioden 1970-75 är utsläppen av SO₂ för elproduktionen i genomsnitt 111,2

kton/år enligt Kraftsam medan man i ovanstående rapport skattar utsläppen till i genomsnitt 171,7 kton/år. Motsvarande uppskattningar av NO₂-utsläppen är 24,1 kton/år för Kraftsam och 32,3 kton/år för rapporten. Vi har valt att i nedanstående beräkningar utgå från de högre värdena enligt rapporten eftersom den sannolikt i mindre grad baseras på schablonantaganden och dessutom baseras på en enkät. De verkliga utsläppen kan dock vara annorlunda.

I följande tabell redovisas enl. den refererade rapporten fram till 1990 varefter vi använt Naturvårdsverkets uppgifter som utgångspunkt för en uppdelning på el och fjärrvärme.

I IVL-rapporten "Emissioner av svavel, kväve och alkaliskt soft i Sverige 1900-1990" [9] finns skattningar av utsläppen totalt och för vissa sektorer. Tyvärr har man aggregerat hela energiproduktionssektorn (dvs. el och värmeproduktion inkl småskalig värmeförsörjning också inkluderande ved). Vi har försökt utnyttja detta underlag för en avstämning men kalkylerna leder till stora svängningar i data eftersom den tidigare rapporten om utsläppen från elproduktionen bara ger genomsnittsvärden för 5-årsperioder som ställs mot årsvisa värden enl. IVL. Detta innebär att uppskattningarna har stora osäkerheter och att värdena bara skall ses som storleksordningar. (Vi har avrundat vissa av de nedanstående sifferuppgifterna. I andra fall har vi valt att ange till synes exakta sifferuppgifter. Detta har gjorts bara för att de skall kunna knytas till källor och beräkningar och utgör ingen noggrannhetsangivelse). IVL:s rapport ger följande bild av utsläppen. Från 1995 utnyttjas uppgifter från Naturvårdsverket [10] för totalen. Siffrorna inom parantes har hämtats från Energimyndigheten.

Utsläpp i Sverige, kton / år				
	Energiproduktion		Totalt	
	SO₂	NO_x	SO₂	NO_x
1970	660	131	921	320
1975	406	103	563	311
1980	310	94	398	331
1985	147	66	223	326
1990	63 (43)	39 (56)	103	297
1995	(26)	(53)	78	274
2000	(16)	(41)	31	206
2003	(20)	(45)	35	191

Nedanstående tabeller visar en sammanställning av skattningar av utsläppen av SO₂ och NO_x från uppvärmning. Fr.o.m. 1990 utnyttjas Energimyndighetens statistik som underlag. Vi har dock själva gjort en schablonmässig fördelning mellan el och fjärrvärme.

Utsläpp av SO ₂ , kton / år			
År	El	Fjärrvärme	Övrig värme
1970-74	172	82	325
1975-79	87	107	214
1980-84	20	89	103
1985-89	12	37	58
1990	5	23	15
1995	5	18	7
2000	4	8	4
2003	5	11	4

Utsläpp av NO _x , kton / år			
År	El	Fjärrvärme	Övrig värme
1970-74	32	15	74
1975-79	18	22	68
1980-84	6	28	38
1985-89	6	19	32
1990	4	15	37
1995	5	12	32
2000	5	8	28
2003	6	11	28

Om man räknar om ovanstående siffror till utsläpp per energienhet på användarnivå får man följande värden.

Utsläpp av SO ₂ , mg / kWh använd energi			
År	El	Fjärrvärme	Övrig värme
1970-74	2700	5800	2800
1975-79	1100	4700	2100
1980-84	200	3100	1300
1985-89	100	1000	1000
1990	39	670	300
1995	38	440	160
2000	31	190	110
2003	42	240	110

Med ledning av ovanstående uppskattningar av utsläppen kan man dels se att SO₂-utsläppen reducerats kraftigt beroende på dels den minskade oljeanvändningen dels på skärpta krav på reducerade svavelhalter i eldningsolja samt på rökgasrening. Hur mycket elvärmen har bidragit med

beror som tidigare på vad man antagit den har ersatt. Vad avser SO₂ ser man att fjärrvärmen bortsett från de första 5 åren har ca 5-15 ggr så stora specifika utsläpp. En byggnad som värmts med fjärrvärme under hela perioden har i genomsnitt förorsakat ca 4 ggr högre SO₂-utsäpp än en elvärmd - en byggnad med annan uppvärmning (mest olja) ca 2 ggr högre.

Om man i stället räknar på en byggnad som byggdes 1980 blir SO₂-utsläppen hela 13 ggr större med fjärrvärme och ca 7 ggr större med annan uppvärmning.

Utsläpp av NO_x, mg / kWh använd energi			
År	El	Fjärrvärme	Övrig värme
1970-74	500	1100	630
1975-79	230	1000	660
1980-84	64	1000	490
1985-89	48	520	570
1990	31	440	730
1995	38	290	710
2000	39	190	740
2003	50	240	800

Vad avser NO_x ser man även att fjärrvärmen bortsett från de första 5 åren har ca 5-15 ggr så stora specifika utsläpp. En byggnad som värmts med fjärrvärme under hela perioden har i genomsnitt förorsakat ca 5 ggr högre NO_x-utsäpp än en elvärmd. Även en byggnad med annan uppvärmning (mest olja) har ca 5 ggr högre utsläpp.

Om man i stället räknar på en byggnad som byggdes 1980 blir NO_x-utsläppen 11 ggr större med fjärrvärme och ca 15 ggr större med annan uppvärmning.

Vad avser miljöutsläpp kan man även utnyttja EFFem-modellen. [11]. Denna avser dock nuvarande teknik och kan därför inte appliceras på de historiska uppvärmningssystemen eftersom utsläppsprestanda och regler skiljer avsevärt över tiden. Den ger dock en bra bild av utsläppen från olika uppvärmningsalternativ i nuläget. Resultaten från denna modell ger andra värden på utsläppen än de vanliga schablonvärden som vi utnyttjat i ovanstående CO₂-beräkningar eftersom de är baserade på livscykelanalys – "från vaggan till graven". Dock redovisas också utsläppen i vissa fall fördelade på förbränningsdelen resp. övriga indirekta utsläpp. För kärnkraft och vattenkraft anges dock bara den totala livscykelutsläppsnivån.

Om man utgår från produktionsstrukturen inom el och fjärrvärme år 2004 får man följande utsläpp per producerad kWh för uppvärmning. Första värdet avser själva förbränningsprocessen medan det andra värdet beskriver utsläpp relaterade till hela tillförselkedjan och distributionen. Uppdelningen för el är inte jämförbar med fjärrvärme och olja eftersom hela kedjan har redovisats under förbränning vad avser kärnkraft och vattenkraft.

Utsläpp; mg / kWh (g / kWh för CO ₂)						
Energislag	CH ₄	CO ₂	NO _x	SO _x	Partiklar	NMVOC
El	24/188	30/1,6	48/14	45/4,6	9,8/5,0	4,1/1,3
Fjärrvärme	6,5/311	96/7,1	157/72	150/13	25/12	19/6,9
Olja	3,6/7,6	270/12,6	252/72	108/30,6	98/1,3	22/144

Vi känner dessutom stark tveksamhet för riktigheten hos vissa värden enligt modellen. Detta gäller framförallt utsläppsvärdena för kärnkraften som ju svarar för ca hälften av elproduktionen. Följande tabell visar dels de utsläpp man får för vid 2004 års produktionsmix enl. EFFem-modellen (på användarnivå med standardförlusterna 6 % för el och 12 % för fjärrvärme), dels en jämförelse mellan de värden man får för enbart kärnkraft resp. vattenkraft enligt EFFem och Vattenfalls EPD:er (Environmental Product Declarations).

Livscykelutsläpp från energianvändning mg / kWh (CO ₂ g / kWh)						
	NO _x	SO _x	Partiklar	NMVOC	CH ₄	CO ₂
År 2004 SP						
El tot	66	53	16	6	226	34
Fjärrvärme tot	229	163	37	26	318	103
Olja tot	324	139	100	166	11	283
Kärnkraft SP	37,0	36,0	11,0	6,1	46,0	11,2
Kärnkraft Vattenfall	16,8	31,6	6,7	0,9	3,5	3,4
Vattenkraft SP	6,9	1,5	0,9	1,3	5,9	5,0
Vattenkraft Vattenfall	4,9	7,3	..	0,1	0,4	4,5

För kärnkraften är det bara SO_x -utsläppen som överensstämmer någorlunda. Metangasutsläppen är ca 13 ggr högre än enligt de certifierade EPD:n som Vattenfall tagit fram. För NMVOC skiljer en faktor 7 ggr och för NO_x ca 2 ggr. För CO₂ är faktorn ca 3.

För vattenkraften är avvikelserna av samma faktorstorlek för metan och NMVOC som för kärnkraften. SO_x utsläppen är däremot ca 5 ggr större enligt Vattenfalls EPD. Sammanfattningsvis underskattar SP-modellens värden enligt vår syn elens miljöfördelar vilket skall beaktas när man tar del av nedanstående relationstal som baseras på EFFem-modellen.

Enligt EFFem-modellen är utsläppen av NO_x ca 3 – 3,7 ggr så stora för fjärrvärme och ca 5 - 5,2 ggr så stora för oljevärme jämfört med direktanvänd el. För SO_x är utsläppen ca 3,3 ggr så stora för fjärrvärmens samt ca 2,4 - 2,8 ggr för oljevärme.

För partiklar är utsläppen ca 2,5 ggr så stora från fjärrvärme och ca 6,7 -10 ggr så stora för oljevärme.

För NMVOC är utsläppen ca 4,6 - 4,8 ggr så stora för fjärrvärme och ca 5,4 - 30,7 ggr så stora för oljevärme.

Baserat på ovanstående bild av dagsläget kan man anta att även utsläppen av partiklar tidigare har legat på en högre nivå eftersom man tidigare inte hade krav på rökgasreningsutrustning i de större anläggningarna.

För de mindre anläggningarna är det främst frågan om eldningstekniken och det finns viss anledning att anta att denna kan ha förbättrats över tiden.

9 Referenser

- [1] Energiläget i siffror 2005; Statens energimyndighet; ET2005:24
- [2] Elkonsumtionen i Sverige, Del 1 Prognos 1970-1980; Centrala Driftledningen 1970
- [3] Bearbetning av källa 1
- [4] Uppskattningar av Gunnar Bröms.
- [5] Källor: Källa1ovan, Sammanställning från årliga energibalanser och den årliga el-, gas- och fjärrvärmestatistiken av Anders Sjögren Vattenfall, utdrag ur el-statistiken för åren 1970-1972, El-, gas- och fjärrvärmestatistik för åren 1980, 1981, 1984, 1986, 1987, 1988, 1989, 1991-1995, 1997-2004.
- [6] Energistatistik för småhus 2003 resp. 2004.
- [7] El- och gaspriser januari 1997- januari 2006; SCB
- [8] Elproduktionens utsläpp av svavel, kväveoxider och koldioxid i Sverige 1960-1990; Examensarbete vid KTH, Sara Södergren 1994.
- [9] Beräkning av ackumulerad syrabelastning från atmosfären till de svenska ekosystemen. Delrapport 1: Emissioner av svavel, kväve och alkaliskt soft i Sverige 1900-1990; IVL-rapport B 1109 1993; Karin Kindbom, Karin Sjöberg, Gun Lövblad.
- [10] Sweden`s National Inventory Report 2005; Naturvårdsverket
- [11] EFFem; <http://www.effektiv.org/miljobel/default.asp>