

Energifrågor i fysisk planering

Förutsättningar och scenarier för energitillförsel och
energiushållning

ER 2008:03

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas från
Energimyndighetens publikationsservice.
Orderfax: 016-544 22 59
e-post: publikationsservice@energimyndigheten.se

© Statens energimyndighet
Upplaga: 500 ex

ER 2008:03

ISSN 1403-1892

Energifrågor i fysisk planering

Förutsättningar och scenarier för energitillförsel och energihushållning

Dag Henning
Maria Danestig

Energimyndighetens förord

Inom Energimyndighetens program Uthållig kommun har inslaget av en forskning som ligger nära de medverkande kommunerna, blivit ett signum. Genom den här rapporten går vi ett steg vidare och binder samman två forskargrupper/kompetenser som tidigare var och en genomfört egna projekt inom programmet Uthållig kommun. Här är resultatet av den energisystemkompetens som Linköpings universitet besitter, representerad av Dag Henning Optensys Energianalys och Maria Danestig IEI Energisystem. Deras arbete som presenteras i den här rapporten har integrerats i det arbete med kommunernas fysiska planerare som bedrivits under ledning av adjungerad professor Ulf Ranhagen vid KTH/Luleå tekniska universitet.

Arbetet har medfört att en anpassad energikunskap för kommunala fysiska planerare har utvecklats, för att dessa ska kunna integrera energifrågorna på ett mer aktivt sätt i kommunernas översiktsplan och fördjupade översiktsplan och därigenom skapa förutsättningar för en mer uthållig energianvändning. Från Energimyndighetens sida ser vi dessa planerare som en nyckelgrupp eftersom kommunens fysiska planering har en så stark position i formandet av det framtida samhället.

Författarna Dag Henning och Maria Danestig vid Linköpings universitet svarar själva för de analyser och slutsatser som redovisas i rapporten.

En arbetsgrupp på Energimyndigheten ansvarar för arbetet med Uthållig kommun. Gruppen består av Åke Axenbom, Tore Carlsson, Madeleine Nettelblatt och Jenny Sundström.

För ytterligare information läs rapporten ”Fysisk planering för ett hållbart samhälle” – metoder och verktyg för att integrera energifrågor i översiktlig planering, syntesrapport, av Ulf Ranhagen, KTH avd för urbana och regionala studier/LTU avd för arkitektur och infrastruktur samt på Energimyndighetens hemsida.



Thomas Korsfeldt
generaldirektör



Tore Carlsson
projektledare

Förord

Denna studie har skrivits inom ramen för Statens energimyndighets program ”Uthållig kommun”. Utgångspunkten är att kommunerna är nyckelaktörer i arbetet med att ställa om det svenska energisystemet till ekonomiskt och ekologiskt långsiktig uthållighet. Programmet syftar till att hjälpa kommunerna att utforma åtgärder som främjar det lokala energi- och miljöarbetet på bred front. Energimyndigheten betonar att ett nyckelord är samverkan – mellan förvaltningar samt mellan offentlig och privat verksamhet.

Fem kommuner ingår i programmet under åren 2003 – 2007: Borås, Solna, Ulricehamn, Vingåker och Örnsköldsvik. Dessa kommuner har skilda egenskaper och representerar olika typer av kommuner vad gäller invånarantal, geografiskt läge och karaktär. Under 2003 - 2006 genomfördes tekniska och samhällsvetenskapliga analyser av energisystem i de fem deltagande kommunerna. Studierna gjordes av forskare från Linköpings universitet inom ramen för den nationella forskarskolan Program Energisystem.

Arbetet har fortsatt med denna studie som omfattar tekniska analyser av nuvarande energitillförsel och energianvändning i delar av de fem kommunerna samt scenarier för framtida energiförsörjning och möjligheter till energieffektivisering i byggnader ur ett systemperspektiv. Dag Henning har utfört arbetet som konsult i firman Optensys Energianalys. Uppläggningsen av studierna varierar något mellan kommunerna beroende på aktuella energiförhållanden och framtidsplaner för de studerade områdena men syftar alla till att visa möjligheter att uppnå en mer uthållig energiförsörjning.

Rapporten kan vara till nytta bl a för olika kommunala förvaltningar, energibolag och fastighetsägare. Framställningen riktar sig särskilt till fysiska planerare med begränsade energikunskaper. Avsikten är att ge insikter som underlättar genomförandet av verkningfulla förändringar av energitillförsel och energianvändning mot ökad uthållighet samt att få till stånd lokala processer som leder till planering och genomförande av framtidens energi- och miljöarbete i kommunerna.

Vi vill rikta ett varmt tack till alla som lämnat uppgifter om energianvändning och uppvärmningsformer i bostäder, lokaler och industrier ute i de studerade kommunerna. Vi vill också tacka Ulf Ranhagen, Mats Johan Lundström, Björn Ekelund, Katarina Schylberg och kommunerna för gott samarbete under projektets gång. Slutligen ett stort tack till Energimyndigheten som initierat, finansierat och aktivt driver programmet Uthållig kommun.

Linköping den 27 september 2007

Dag Henning
Optensys Energianalys

Maria Danestig
IEI Energisystem
Linköpings universitet

Sammanfattning

Stora strukturella omställningar är nödvändiga för att minska resursanvändningen i industrialiserade länder som Sverige till en hållbar nivå. Förändringar av kommuners normala verksamhet kan bidra till ett mer ekologiskt, ekonomiskt och socialt uthålligt samhälle bl a genom att främja åtgärder rörande energihushållning och förnybar energitillförsel.

Inom Energimyndighetens program Uthållig kommun utvecklas hur översiktsplaner om markanvändning och bebyggelseutveckling kan främja lokala förnybara energikällor och effektivt energiutnyttjande. Energifrågor kan integreras i fysisk planering genom scenarier för framtida energitillförsel och energianvändning som diskuteras av politiker, tjänstemän och medborgare. Det kan visas hur tilläggsisolering, nya fönster, solvärme och värmeåtervinning minskar primärenergibehovet och att övergång från el till biobränsle minskar koldioxidutsläppen p g a samspelet på den europeiska elmarknaden. Indikatorn värmtäthet beror på bebyggelsens utformning och visar bl a förutsättningarna för fjärrvärme, som ofta är ett fördelaktigt uppvärmningsalternativ. Värme från avfallsförbränning samt spillvärme från industrier och effektiv elproduktion i kraftvärmeverk kan nyttiggöras i fjärrvärmesystem. Ett litet system kan försörjas av en hetvattenpanna som eldas med träbränsle.

Var stora fjärrvärmeledningar ska dras fram är en strategisk fråga för fysisk planering. Fjärrvärmennät bör först anläggas i områden med stora byggnader och hög värmtäthet men det tillgängliga värmeunderlaget kan minskas av nyligen installerade värmepumpar. Om fjärrvärmeföretag involveras i planeringsskedet kan t ex övergångslösningar såsom lokala pellets pannor lättare införas för att fler kunder ska välja fjärrvärme och säkerställa ett tillräckligt värmeunderlag där framdragning av fjärrvärmeledningsnät dröjer. Strategisk fysisk planering kan bl a främja etablering och utbyggnad av fjärrvärmesystem.

I Borås och Örnköldsvik gjordes ingående kartläggningar av värmebehov, uppvärmningssätt och användning av energibärare för två mindre samhällen. Beräknade scenarier och lokala förhållanden visar att möjligheterna till effektivisering och byte av värmekälla varierar mellan områden med byggnader av olika ålder. Solvärme och pellets skulle kunna täcka en stor del av värmebehoven. Värmtätheten kan vara för låg för fjärrvärme, åtminstone i delar av orterna. I vissa mer värmätäta områden i samhällena finns nu en stor andel värmepumpar. Nuvarande och möjlig framtida värmeförsörjning för olika samhällssektorer och orter i hela Vingåkers kommun beskrivs. I Solna studerades området där en ny fotbollsarena planeras. Scenarier för att utmana tankearbetet kring vad som är möjligt för energiförsörjning och behov togs fram. Ulricehamns stad delades in i områdestyper där värmtäthet och exploateringsstal jämfördes. I två mindre områden togs olika energiscenarier fram. I ett av dem kopplades olika energilösningar till alternativa skisser för ny bebyggelse.

De lokala förnybara energitillgångarna från skog och åkermark samt i form av vattenkraft, vindkraft och solvärme i kommunerna uppskattas och relateras till nuvarande energianvändning.

Abstract

Large structural changes are necessary to reduce the resource use in industrialised countries, such as Sweden, to a sustainable level. Modifications of municipalities' normal operations can contribute to a more ecologically, economically and socially sustainable society through, for example, promotion of measures concerning energy conservation and renewable energy supply.

In the Swedish Energy Agency's *Sustainable municipality* programme, it is developed how spatial plans of ground use and building development can promote local renewable energy sources and efficient energy utilisation. Energy issues can be integrated in spatial planning through scenarios of future energy supply and use, which are discussed by local stakeholders. It can be shown how wall insulation, new windows, solar heating and heat recovery can reduce primary energy demand and that switching from electricity to biofuel can reduce CO₂ emissions due to the interplay in the European electricity market. The indicator heat load density depends on building structure and shows, for instance, preconditions for district heating, which often is a favourable heating option. District heating systems enable utilisation of heat from waste incineration and industrial waste heat and makes efficient electricity generation in combined heat and power (CHP) plants possible. A small system can be supplied by a wood-fired heat-only boiler.

The location of main district-heating pipes is a strategic spatial-planning issue. District heating should firstly be built in areas with large buildings and high heat load density but it may be hampered by recent installations of heat pumps. If the local energy utility is involved in spatial planning, it may facilitate the introduction of temporary solutions to make more customers chose district heating in areas where the network is delayed. A local utility can provide temporary wood-pellets boilers to secure a basis for a district-heating system. Strategic spatial planning can promote establishment and expansion of district heating systems.

In the *Borås* and *Örnsköldsvik* municipalities, detailed surveys of heat demand, heat sources and energy-carrier use were made for two villages. Calculated scenarios and local conditions show that possibilities for energy conservation and energy-carrier switching vary among districts with buildings of different ages. Solar heating and wood pellets could cover a substantial share of heat demand. The heat density may be too low for district heating, at least in some districts and in certain relatively heat dense districts in the villages, there is now a high fraction of heat pumps. Present and possible future heat supply and use for different societal sectors and places in the whole of the *Vingåker* municipality are outlined. In *Solna*, the area around a new football arena was studied. Scenarios with challenging new ideas of what is possible or not concerning energy supply and use were created. The town *Ulricehamn* was divided into types of areas where heat load density and floor space index were compared. In two areas, energy scenarios were created. Different energy solutions were coupled to alternative designs for new buildings.

Local renewable energy resources from forest and arable land and in the forms of hydropower, wind power and solar heating in the municipalities are estimated and compared to current energy use.

Innehåll

1	Inledning	13
1.1	Syfte.....	15
2	Energifrågor som berör bebyggelsens utformning	17
2.1	Värmebehov och uppvärmningsformer	17
2.2	En europeisk elmarknad	18
2.3	Primärenergi	19
2.4	Koldioxidutsläpp.....	20
2.5	Systemgränser för värmebehov	21
2.6	Fjärrvärme.....	24
2.7	Energiushållning	25
2.8	Lågenergihus.....	26
2.9	Samspel mellan tillförsel och användning.....	30
3	Metod och genomförande	31
3.1	Planeringsprocess	31
3.2	Energianalys – Nuläge.....	33
3.3	Scenarier	34
3.4	Beräkningar.....	35
3.5	Allmänna indata.....	36
4	Genomförda studier	38
5	Vingåker	39
5.1	Förutsättningsanalys – Nuläge.....	39
5.2	Scenarieförutsättningar	41
5.3	Resultat	41
6	Borås	43
6.1	Metod och genomförande	43
6.2	Förutsättningsanalys – Nuläge.....	44
6.3	Scenarieförutsättningar	49
6.4	Resultat	51
7	Örnsköldsvik	57
7.1	Förutsättningsanalys – Nuläge.....	58
7.2	Scenarieförutsättningar	62
7.3	Resultat	63
8	Ulricehamn	69
8.1	Förutsättningsanalys - Nuläge	69
8.2	Stadstyper, värmtäthet och exploateringsstal	73
8.3	Energiscenarier för Bronäs och Grönahögsvängen i Ulricehamn	73
9	Solna	77
9.1	Förutsättningsanalys – Nuläge.....	78

9.2	Scenarier 1	81
9.3	Scenarier 2	83
10	Lokala förnybara energiresurser	86
11	Diskussion	89
11.1	Kommunens möjligheter att påverka energifrågor genom fysisk planering	90
11.2	Fjärrvärme.....	91
12	Slutsatser	93
13	Förslag till fortsatt arbete	95
	Referenser	97

1 Inledning

Stora förändringar av infrastruktur, anläggningar och vanor krävs för att minska resursförbrukningen i industrialiserade länder som Sverige till en hållbar nivå. Som första steg på vägen mot ett globalt rättvist och uthålligt utnyttjande av jordens begränsade resurser kan produktion, transporter, tillhandahållande och användning av olika nyttigheter som varor och energibärare (t ex el och bränslen) göras mer tekniskt effektiva.

Global förändring består av många olika lokala omställningar. Svenska kommuner är ansvariga för många frågor, t ex miljötillsyn, byggnadslov, fysisk planering och ofta även energiförsörjning. Förändringar av kommuners normala löpande verksamhet kan bidra till ett mer ekologiskt, ekonomiskt och socialt uthålligt samhälle bl a genom att främja energihushållning och förnybar energitillförsel.

I en kommun finns en mängd olika aktörer med olika tekniska system samt olika mål och intressen, t ex industrier och andra företag, fastighetsägare och energileverantörer. En viktig fråga är hur den kommunala organisationen kan utvecklas för att bättre involvera olika förvaltningar och andra aktörer på den lokala arenan så att deras energi- och miljöarbete inriktas mot ökad långsiktig uthållighet. Denna studie visar lokala utvecklingsmöjligheter för uthållig energitillförsel och energianvändning i Sverige med fokus på hur en kommun kan främja hållbar energiförsörjning genom fysisk planering.

Statens energimyndighet driver programmet "Uthållig kommun" som stöder kommunalt arbete som berör energifrågor och som främjar en hållbar lokal utveckling. Programmet består av ett antal energiprojekt i kommunerna, t ex om energihushållning och fjärrvärmeproduktion. Uthållig-kommun-programmet omfattar hittills de fem kommunerna Solna, Vingåker, Borås, Ulricehamn och Örnsköldsvik. Programmet syftar till att utveckla kommunernas arbete så att det bidrar till en mer hållbar energitillförsel och energianvändning.

Tidigare studier inom Uthållig kommun har bl a visat hur industrins elanvändning kan minskas kraftigt (t ex Bohlin m fl, 2004). Energirådgivare och näringslivssekreterare kan verka för att företagsanpassade råd ges om energieffektivisering och förändrad energitillförsel (Gebremedhin och Palm, 2005). Andra analyser visade hur samarbete mellan fjärrvärmebolag och industriföretag kan leda till effektiv samproduktion av el, fjärrvärme och industriånga i ett kraftvärmeverkverk (Henning m fl, 2004). Fastighetsägare kan minska värmebehovet i lokaler på ett sätt som även gynnar fjärrvärmebolaget (Gebremedhin m fl, 2004). Dessa tidigare studier sammanfattades av Henning och Palm (2006). (Se även Henning m fl, 2005.) Parallellt med dessa studier pågick inom uthållig-kommun-programmet även ett projekt om hur kommunerna genom sin fysiska planering kan stödja långsiktiga energistrategier (Ranhagen, 2006). Varje kommun ska utarbeta en översiktsplan (ÖP) för markanvändning och bebyggelseutveckling i hela kommunen. Oftast görs även fördjupade översiktsplaner (FÖP) eller planprogram för olika delar av kommunen. Översiktsplanerna och de

fördjupade översiktplanerna kan vara ett av kommunens verktyg för att främja minskad energianvändning och förnybar energitillförsel. Energifrågorna spelar emellertid oftast en underordnad roll i de fysiska planeringsprocesserna.

Hur de fysiska planerna skulle kunna främja en uthållig energiförsörjning på ett verkingsfullt sätt utvecklades i en första etapp genom att varje kommun valde ett område där kommunen höll på att utarbeta en fysisk plan (oftast fördjupad översiktplan). Några möjliga framtida utformningar skisserades för varje studerat område och en önskvärd framtidsbild för den fysiska utformningen av området arbetades fram vid en serie seminarier med lokala företrädare i varje kommun, t ex förtroendevalda politiker och tjänstemän från den kommunala förvaltningen och det lokalt verkande energibolaget. Denna utvecklingsprocess drevs främst av forskare inom fysisk planering som också studerade biltransporter och kollektivtrafik (Ranhagen, 2006). Samtidigt kartlade en pilotstudie värmebehov med geografisk uppdelning och beskrev hur energitillförseln skulle kunna förändras (kapitel 5, Gebremedhin m fl, 2006).

I etapp 2 av projektet om fysisk planering inom Uthållig kommun har fördjupade planprocesser om uppvärmning och transporter behandlats (Ranhagen, 2008). Metoder har utvecklats för hur fysiska planer kan främja lokala förnyelsebara energikällor och effektivt energiutnyttjande. Som en del av detta arbete har kartläggningar av nuvarande värmebehov genomförts och scenarier för energitillförsel och energianvändning utarbetats. Dessa nulägesbeskrivningar och scenarier redovisas i denna rapport som behandlar hur energifrågor kan integreras i fysisk planering (se även Henning och Danestig, 2007).

I arbetet inom programmet Uthållig kommun har under åren 2006-2007 kommunernas fysiska planering kopplats ihop med energifrågor. En återkommande fråga har varit vilken betydelse energifrågor kan ha i den fysiska planeringen och med vilka medel inom fysisk planering som det går att påverka utformningen av energisystemet. Några frågor som behandlats är: Vilken betydelse har utformningen av bebyggelsen för värmtätheten (d v s hur mycket värme som används inom ett geografiskt område) och hur skiljer sig energiförsörjningen mellan mer eller mindre värmtäta områden? Hur kan man i den fysiska planeringen ta hänsyn till lösningar för energitillförseln genom att planera bebyggelsens täthet? En del av arbetet i denna del av Uthållig-kommun-programmet har gått ut på att hitta beskrivningar av energifrågor som kan vara gemensamma för energisystemanalytiker och fysiska planerare. Beskrivningarna ska underlätta att analysera förhållandena i kommunens olika geografiska områden och att få med energiaspekterna i planeringsprocessen. Utifrån dessa beskrivningar har även scenarier med förändrad energiförsörjning utformats i syfte att belysa olika energilösningar samt kopplingen mellan energi och fysisk utformning av områden. De i detta projekt studerade kommunerna får stå som exempel för förändringsprocesser inom fysisk planering som förhoppningsvis kan tjäna som goda exempel för andra kommuner.

Det lokalt verkande energibolaget berörs av den fysiska planeringen dels direkt genom att det behöver mark för sina anläggningar i form av t ex värmeverk, transformatorstationer

och fjärrvärmeledningarna men även i hög grad indirekt genom att bebyggelsens utveckling, utformning och brukande påverkar var energibehoven finns och hur stora de är.

Värmetätheten är av stor betydelse för ett fjärrvärmebolag därför att den kan avgöra om det är ekonomiskt lämpligt att införa eller bygga ut fjärrvärme i ett område. Lokaliseringen av fjärrvärmesystemets huvudledningar är en strategisk fråga för fysisk planering. Ett fjärrvärmenät bör först byggas i och mellan värmetäta områden. Förutsättningarna för fjärrvärme är fördelaktiga i områden med hög värmetäthet där mängden levererad värme per meter fjärrvärmeledning kan vara stor. Värmetätheten beror bl a på husens storlek och inbördes avstånd vilket kan beskrivas med exploaterings-talet (byggnadernas totala rumsyta delat med områdets totala markyta). Fjärrvärmebolaget har deltagit i den fysiska planeringsprocessen i de flesta av de analyserade kommunerna.

De fem studerade kommunerna är mycket olika. Solna är tätbebyggt med många flerbostadshus och stora kontorsbyggnader. Fjärrvärme är den helt dominerande uppvärmningsformen. Vingåker består mest av landsbygd samt ett stort och några mindre samhällen. Kommunen har få invånare och de flesta bor i småhus. Borås är en mellanstor stad med blandad bebyggelse omgiven av några mindre samhällen med många småhus. Ulricehamn är en småstad, med mest småhus och en mindre andel flerbostadshus, som är omgiven av landsbygd. Örnsköldsvik är en industrikommun med stora skogsområden och flera större och mindre orter. Själva staden är vidsträckt med bostadsområden och verksamhetsområden av olika karaktär.

I Vingåker behandlades en översiktsplan för hela kommunen men i de andra kommunerna utvecklades planer för mindre områden. I Borås utarbetades en fördjupad översiktsplan för samhället Dalsjöfors och i Örnsköldsvik behandlades en FÖP för den mindre orten Köpmanholmen. Ulricehamnsstudien omfattade först hela staden Ulricehamn men fokuserade i ett andra steg på två områden där ny bebyggelse planeras. I Solna studerades området mellan Solna station och den blivande nationalarenan för fotboll där det ska byggas ett stort antal lägenheter och kontor.

1.1 Syfte

Det övergripande målet för detta arbete är att i större utsträckning få med energifrågorna i kommunal fysisk planering och utveckla hur (fördjupade) översiktsplaner kan främja förnybar energitillförsel och effektiv energianvändning. Det görs bl a genom att belysa kopplingar mellan rumsliga förhållanden och energitillförsel. Avsikten är också att stärka den fysiska planeringens påverkan på energisystemet, syftande till ökad uthållighet.

Syftet med denna rapport är att:

- lyfta fram energifrågor på ett sådant sätt att de kan kopplas till en kommuns fysiska planering
- visa ömsesidig påverkan mellan energiförsörjning och fysisk struktur så att det är användbart för alla berörda parter
- redovisa erfarenheter som kan vara av intresse för andra kommuner i deras planering och energiarbete

För att göra arbetet genomförbart koncentrerar vi detta till följande frågeställningar:

- Hur kan energianvändning illustreras och beskrivas i termer som kan kopplas till fysisk planering?
- På vilka sätt finns kopplingar mellan de fysiska förutsättningarna och energiförsörjningen nu och i framtiden?
- Vilka tänkbara förändringar av kommuners arbetsmetoder skulle kunna utvecklas för att stärka den fysiska planeringens påverkan på energisystemet med syftet ökad uthållighet?

Metoder utvecklas som integrerar energifrågor i översiktlig fysisk planering genom att upprätta energibalanser där energitillförseln relateras till nuvarande och framtida energibehov. Det redovisas genom nulägesbeskrivningar och scenarier för energitillförsel och energihushållning. Energiindikatorer som kan användas vid översiktsplaneringen tas fram, t ex värmetäthet. Studien omfattar energitillförsel och energihushållningsåtgärder för att tillgodose behov av värme. Dessutom gör en mycket översiktlig inventering av kommunernas förnybara energiresurser.

2 Energifrågor som berör bebyggelsens utformning

I detta kapitel beskrivs omvärldsförutsättningar och randvillkor på energiområdet som påverkar lokala förhållanden och fysisk planering. Det är viktigt att en energianalys tar hänsyn till ett så stort system som möjligt. En lösning som verkar lämplig för en enskild byggnad kanske inte bidrar till uthålligheten om man ser till hela energisystemet. Därför behandlas här bl a olika former av el- och fjärrvärmeproduktion.

Ranhagen (2008) gör en allmän beskrivning av samband mellan den fysiska strukturen och energiförsörjningen, t ex att byggnadernas utformning avgör hur mycket värme som läcker ut genom väggar, fönster och tak samt att en högre täthet hos staden innebär bättre möjligheter för fjärrvärmeförsörjning.

2.1 Värmebehov och uppvärmningsformer

Värme kan erhållas från många skilda källor och tillföras på olika sätt. Ett hus kan ha ett vattenburet uppvärmningssystem där varmt vatten distribueras till vattenfyllda radiatorer (element). Värmen kan komma från en panna för olja, el eller biobränsle (t ex ved), en värmepump eller fjärrvärme. Många hus har direktverkande elvärme där elradiatorer alstrar värme i varje rum. I fritidshus finns ofta direkt elvärme kompletterad med vedeldad braskamin. Med ett vattenburet system är det lätt att byta energikälla men med direktverkande elvärme är det svårare att konvertera till annan uppvärmning.

Behovet av energitillförsel för att hålla en behaglig inomhustemperatur beror på utomhustemperaturen och varierar därför kraftigt under året. Uppvärmningsbehovet är olika för olika delar av landet men beror också på husets läge och närmaste omgivning (mikroklimatet). Förutom för uppvärmning behöver energi också tillföras för att erhålla tappvarmvatten (kranvatten). Det sker i de flesta byggnader på samma sätt som för uppvärmningen. Hus med direktverkande elvärme har normalt en elektrisk varmvattenberedare.

Det behövs också värme i många industriella tillverkningsprocesser. Vissa industriprocesser fordrar temperaturer som bara kan erhållas från en panna men olja kan ofta bytas mot biobränsle. För vissa ändamål i industrin är bara olja eller gas praktiskt möjligt. Fjärrvärme kan användas om den är tillgänglig och om dess temperatur är tillräckligt hög för tillverkningsprocessen (Henning, 2005; Henning och Palm, 2006; Henning m fl, 2006c).

Ventilationssystemet i en byggnad kan vara utformat på olika sätt beroende på om tilluften tillförs och frånluften bortförs med hjälp av fläktar och om värmen i frånluften utnyttjas. I hus med självdrag finns inga fläktar som driver luftflödena. Mekanisk frånluft innebär att luften förs bort med hjälp av en fläkt i frånluftskanalen medan luften till rummen tas in direkt utifrån som för självdragshus. Vid mekanisk till- och frånluft

används fläktar för att tillföra och bortföra luften. Det behövs då även ett distributionssystem med kanaler för tilluften. Om bygganden har från- och tilluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) återvinns värme ur frånluften med värmeväxlare eller frånluftsvärmepump. För att värme ur frånluften ska kunna värma tilluften krävs ett mekaniskt tilluftssystem med kanaler som distribuerar tilluften (Abel och Elmroth, 2006).

Värmetäthet är värmebehovet i byggnader dividerat med markarealen för bebyggelseområdet. Skillnaden i värmetäthet mellan olika stadstyper och bebyggelseformer är stor. Centrumbebyggelse och storskalig bostadsbebyggelse har ofta en värmetäthet som är högre än 100 kilowattimmar per kvadratmeter markyta och år ($\text{kWh/m}^2, \text{år}$). Äldre villaområden kan ha en värmetäthet på 30–50 $\text{kWh/m}^2, \text{år}$ om inte tomterna är mycket stora. Nyare småhusbebyggelse har vanligen en värmetäthet som är lägre än 30 $\text{kWh/m}^2, \text{år}$ och ju energisnålare byggnaderna är desto lägre blir värmetätheten (RTK, 2000).

Ett begrepp som ofta används i fjärrvärmesammanhang som ett mått på den genomsnittliga värmetätheten är linjetäthet som anger levererad mängd hetvatten i megawattimmar (MWh) per meter ledning och år (Frederiksen och Werner, 1993). Linjetäthet kan beräknas med utgångspunkt från behovet av värme inom ett fjärrvärmeområde som sedan divideras med den totala längden på distributionsledningarna.

Inom fysisk planering är begreppet exploateringsstal (e-tal) ofta förekommande. Exploateringsstalet är kvoten av sammanlagd bruttoarea för byggnader inom ett område och områdets area.

2.2 En europeisk elmarknad

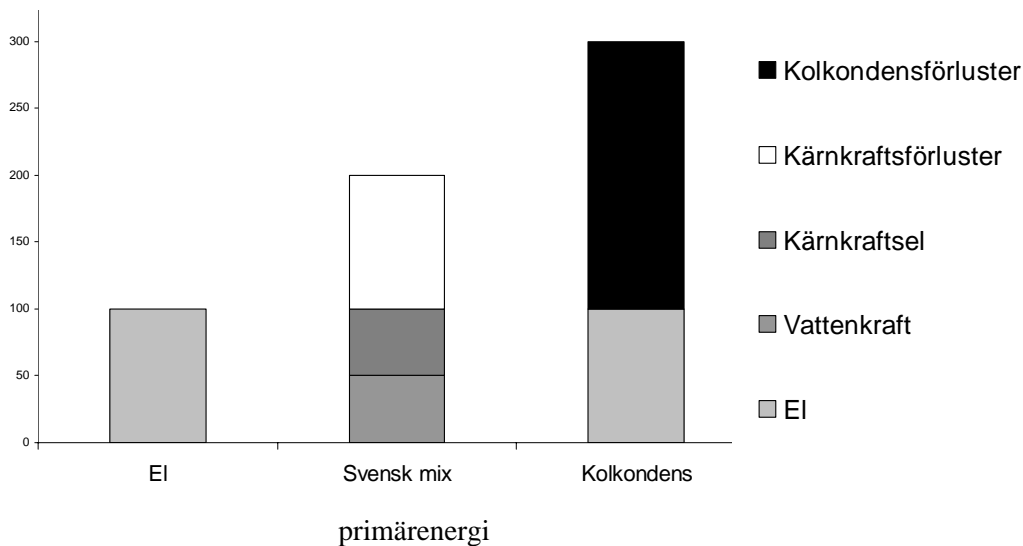
El används för uppvärmning i många bostäder genom direktverkande element, en elpanna som värmer vatten som pumpas runt till vattenelement eller olika typer av värmepumpar som utnyttjar värme i utomhusluften, frånluften eller marken. En energifråga som berör bebyggelsens utformning är därför varifrån elen kommer.

Vattenkraftverk och kärnkraftverk står för ungefär hälften vardera av den el som produceras i Sverige. Men Sverige är en del av den europeiska elmarknaden där det ständigt sker import och export av el mellan Sverige och våra grannländer. Den elproduktion som i första hand påverkas av denna handel är koleldade kondenskraftverk som normalt är den dyraste elproduktion som är i drift i Nordeuropa som därför är den produktion man i första hand vill undvika. Dessa koleldade kondenskraftverk har låg verkningsgrad och höga utsläpp av koldioxid per megawattimme (MWh) producerad el. Detta samspel mellan elanvändning och elproduktion i Sverige och omvärlden gör att det normalt är elproduktionen i koleldade kondenskraftverk som förändras när elförbrukningen förändras i Sverige. Det uttrycks ibland som att det är ”kolkondens på marginalen” eller att kolkondens är ”marginalel”. På längre sikt torde naturgasdrivna kondenskraftverk producera marginalelen under en allt större del av året.

Om systemgränsen dras runt Sverige kan man se det som att den el som förbrukas i Sverige har producerats i svenska anläggningar och kommer till ungefär hälften vardera från vattenkraft och kärnkraft. Men om man beaktar samspelet med kontinentens elsystem påverkar svensk elanvändning driften av kolkondenskraftverk utomlands (Se t ex Henning och Palm, 2006 eller Henning och Trygg, 2008).

2.3 Primärenergi

Ett bra sätt att jämföra olika alternativ för energitillförsel är att undersöka hur mycket primärenergi eller ursprunglig energi som krävs för att täcka energibehov på olika sätt. Det beror på vilken energibärare (t ex bränsle, el) som används. För bränslen motsvarar primärenergin ungefär energiinnehållet i bränslet om energin som behövs för utvinning, förädling och transport av bränslet försummas. Men energiförlusterna vid elproduktion kan vara mycket stora och primärenergin som krävs för tillhandahålla el beror på hur elen producerats.

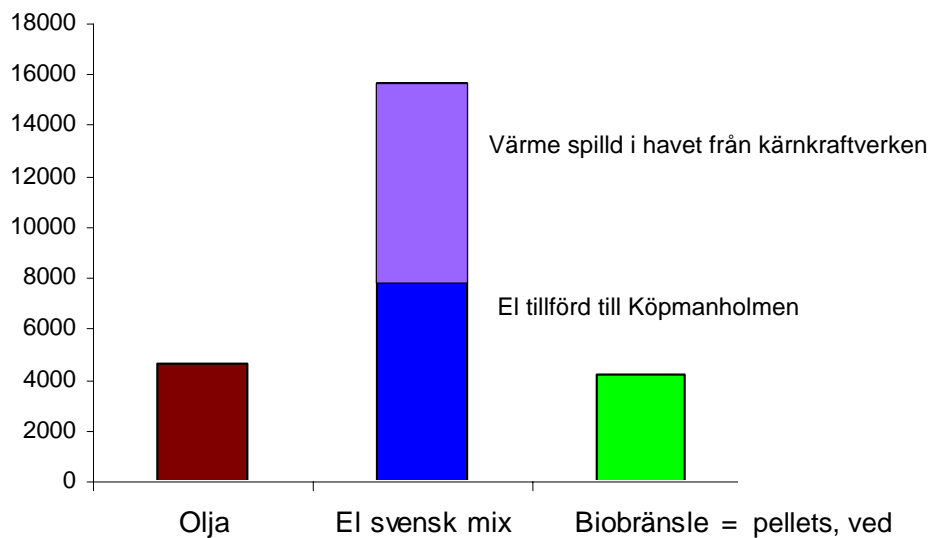


Rigur2.1 El och ungefärlig primärenergi för svensk elmix och koleldade kondenskraftverk. Elen är i den svenska mixen uppdelad i vatten- och kärnkraftsel. (Skalan kan tolkas som t ex kilowattimmar, kWh)

Förlusterna i vattenkraftverk kan försummas men i kondenskraftverk utnyttjas bara ungefär en tredjedel av bränslets energiinnehåll, resten släpps ut som värme i havet eller via kyltorn till luften. Därför är primärenergiåtgången tre gånger så stor som elproduktionen för kondenskraftverk som t ex svenska kärnkraftverk och kontinentala koleldade kondenskraftverk (figur 2.1). Alltså är primärenergin tre gånger så stor som mängden el för den halva av svensk elproduktion som kommer från kärnkraftverk. Elen från vattenkraftverken kan sägas vara lika med den primärenergi som behövs. Därför är den erforderliga primärenergin för svensk el (Svensk elmix i figur 2.1) i genomsnitt dubbelt så stor som mängden el. Figur 2.1 visar elenergin och primärenergin för svensk elmix och kolkondensel. Om el motsvarande den lägsta stapeln förbrukas i Sverige visar den högsta stapeln primärenergin som går åt för att få fram denna el när man beaktar samspelet på den europeiska elmarknaden.

Det här resonemanget är något förenklat genom att inte beakta att en liten del av svensk elproduktion sker i kraftvärmeverk där något bränsle förbränns och både el och värme tas till vara. För el från ett effektivt kraftvärmeverk som producerar både el och värme med små förluster är mängden primärenergi bara något större än elenergin. För solceller och vindkraftverk motsvarar primärenergin mängden el.

Figur 2.2 visar som ett exempel primärenergin för att täcka värmebehov i Köpmanholmen i Örnsköldsviks kommun idag (avsnitt 7.1) om man ser elen som svensk. Primärenergin för den el som förbrukas motsvarar dels själva elen och dels värme spilld i havet från kärnkraftverken.



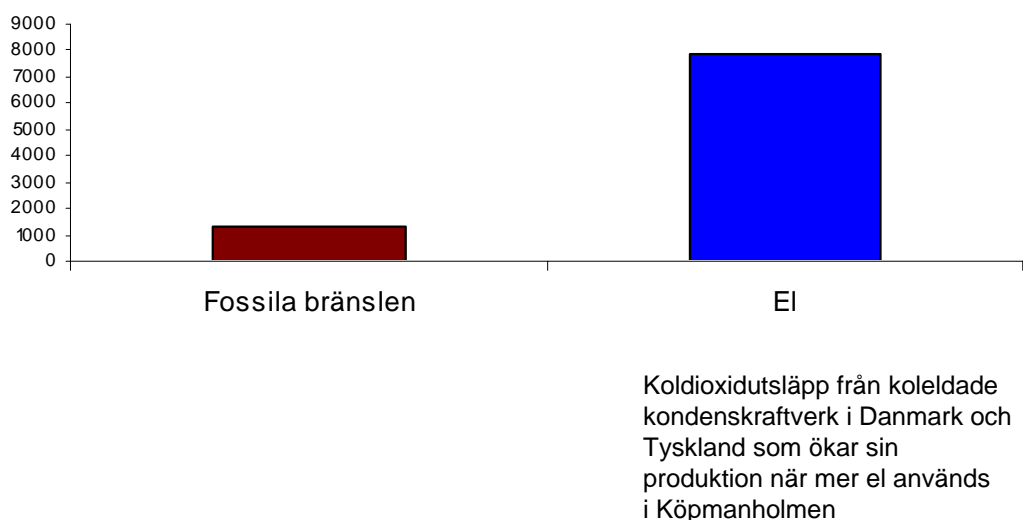
Figur 2.2 Primärenergi för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen i Örnsköldsvik, nuläge (MWh/år)

2.4 Koldioxidutsläpp

De koldioxidutsläpp som människor är skuld till är den främsta orsaken till den förstärkta växthuseffekten som förorsakar klimatförändringar (IPCC, 2007). Energittillförseln är den största källan till koldioxidutsläppen. Det finns även andra gaser som bidrar till växthuseffekten (t ex metan) och de kallas ibland med ett sammanfattande namn för växthusgaser.

Svensk elproduktion orsakar huvudsakligen inte några direkta utsläpp av koldioxid (CO₂) men om man tar hänsyn till samspelet på den europeiska elmarknaden gör en ökad elförbrukning i Sverige att koleldade kondenskraftverk på kontinenten används mer vilket ökar CO₂-utsläppen (se avsnitt 2.2, t ex Henning och Palm, 2006; Henning och Trygg, 2008).

Kolförbränning alstrar 330 kg CO₂ per MWh bränsle. Verkningsgraden för de koleldade kondenskraftverk vars drift styrs av elförbrukningen ligger runt 33 % vilket innebär att när man använder 1 MWh kolkondensel ger det upphov till 1 ton CO₂-utsläpp. Vid oljeeldning bildas 280 kg CO₂ per MWh bränsle.



Figur 2.3 Nuvarande koldioxidutsläpp för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen, Örnsköldsvik (tom/år)

Koldioxidutsläppen som uppstår för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen i Örnsköldsviks kommun visas som ett exempel i figur 2.3 (jmf avsnitt 7.1). Utsläppen orsakas dels av förbränning av fossila bränslen lokalt och dels av den kolförbränning som krävs om man betraktar det som att kontinentala kraftverk behöver öka sin elproduktion för att täcka elanvändningen i Köpmanholmen.

Inom EU finns utsläppsrätter för CO₂ som syftar till att de årliga utsläppen ska vara 8 % lägre under perioden 2008-2012 än de var 1990. El- och fjärrvärmeproduktion och tung industri omfattas av systemet med utsläppsrätter och företagen kan köpa och sälja rätter beroende på om de behöver fler eller färre utsläppsrätter än vad de blivit tilldelade av staten. Priset på utsläppsrätterna beror bl a på kostnaderna för att göra åtgärder som minskar CO₂-utsläppen eftersom det är ett alternativ till att köpa utsläppsrätter. Meningen är att utsläppsrätterna ska göra att utsläppsminskningarna sker på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt, d v s att de åtgärder genomförs där kostnaden är lägst för att minska utsläppen med 1 ton CO₂. Det betyder att man börjar med att göra de enklaste åtgärderna men på sikt behövs förstås betydligt fler åtgärder för att få ner utsläppen till en hållbar nivå.

CO₂-utsläppen från alla företag som har utsläppsrätter kommer att hamna på den nivå som föreskrivits för åren 2008-2012 förutsatt att systemet fungerar. Åtgärder som minskar elförbrukningen i Sverige kan bidra till att få ned utsläppen till denna nivå. På längre sikt krävs kraftigare sänkningar av utsläppen som kan åstadkommas bl a genom att genomföra en stor del av de åtgärder som skisseras i denna studie (se även Henning och Palm, 2006).

2.5 Systemgränser för värmebehov

Systemstudier rymmer inom ett brett forskningsfält med stora variationer i hur man beskriver systemen, vilka problemlösningsmetoder som används och vad för frågeställningar som kan behandlas. Nyttan med en väldefinierad beskrivning av det system som studeras är dock stor eftersom ett system kan upplevas innehålla hur många aspekter och komponenter som helst och utan avgränsningar blir det omöjligt att studera.

En möjlig inriktning för studier av energisystem ger Churchmans beskrivning av systemanalys (Churchman, 1968). Lars Ingelstam (2002) tar upp Churchmans synsätt med tanke på energisystem. En minneslista för systemanalys presenteras:

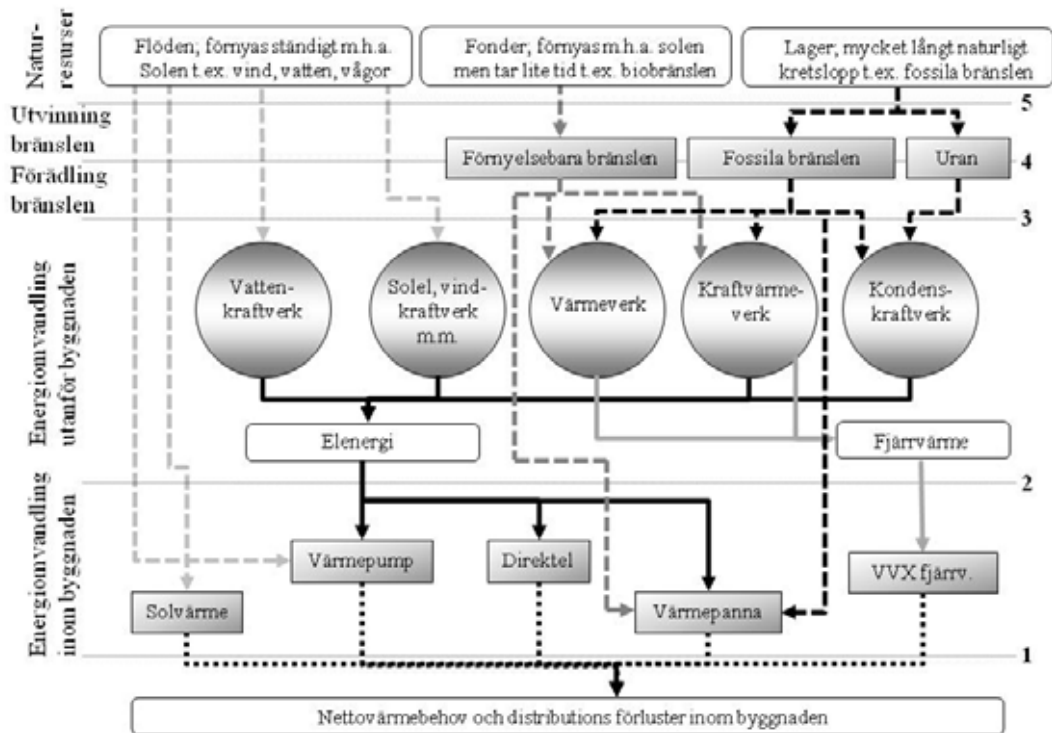
- Sök systemets målsättning och prestationsmått
- Beskriv systemets komponenter
- Fastställ vad som är omgivning: d v s restriktioner som inte kan påverkas
- Vilka är systemets resurser?
- Identifiera ledningen av systemet

Då systemets målsättning och prestationsmått är uppsatta kan de komponenter som är viktiga för att uppfylla dessa bestämmas. Om målsättningen är uthållighet, som i programmet Uthållig kommun, kan avgränsningarna och på vilket sätt som uthålligheten ska mätas vara komplexa och svåra att definiera. Vi har också ambitionen att integrera energifrågor i den fysiska planeringen och ställs då inför ett större system med flera olika delmål.

I detta stycke görs ett försök till översiktlig beskrivning av värmebehov för byggnader som en del av energisystemet. Churchmans synsätt leder mot en beskrivning med teknisk tyngdpunkt. Den tekniska beskrivningen kan vara mer eller mindre detaljerad med avgränsningar anpassade efter de aktuella frågeställningarna. I detta projekt arbetas bl.a. med olika byggnadsstandarder, olika lösningar för energitillförsel och olika täthet i bebyggelsen. Dessa egenskaper bör därför finnas med i den tekniska beskrivningen av systemet.

En beskrivning av det tekniska energisystemet för byggnader görs i rapporten Allt eller inget - Systemgränser för byggnaders uppvärmning (Persson m.fl., 2005). Här beskrivs att då det gäller ekonomi finns det olika systemgränser för olika intressenter. Det privatekonomiska perspektivet kan illustreras i delsystem med systemgräns 1 i figur 2.4. Energikostnaden vid systemgräns 1 är av stor betydelse och byggnadens energibehov i systemgräns 1 kan ge information om huruvida det kan vara lönsamt att till exempel installera treglasfönster eller återvinning av värme ur frånluften. Men om man ser till nationalekonomi och miljöekonomi kan slutsatsen bli annorlunda och andra systemgränser då lämpa sig bättre (Persson m.fl., 2005). Persson m.fl. skriver också att även om vi väljer ”rätt” teknik ur ett miljömässigt eller ekonomiskt perspektiv så är det inte säkert att valet leder till avsedda effekter. En fastighetsägare kan till exempel välja att installera en värmepump för att minska uppvärmningskostnaderna. Värmepumpen har så låga driftkostnader att man, under förväning att energikostnaderna är låga, ökar temperaturen i huset och vädrar mer än tidigare. Tekniken kan också vara så krånglig att använda eller underhålla att de förväntade effekterna inte uppnås (Persson m fl, 2005). Persson m.fl. rekommenderar att hänsyn tas till antingen ”allt eller inget”, det vill säga att två olika systemgränser, systemgräns 1 och/eller systemgräns 5 enligt Figur 2.4, tillämpas. De två systemgränserna kompletterar varandra. Systemgräns 1 bör vara utgångspunkt för jämförelser av byggnaders energiprestanda, det vill säga i princip kvaliteten på deras klimatskärmar. Parallellt bör en redovisning av primärenergianvändningen göras i statistiken för att illustrera följd effekterna av att vissa

uppvärmningsformer används. För denna redovisning bör systemgräns 5 tillämpas. Perspektivet med systemgräns 5 illustrerar också potentialen att effektivisera energiförsörjningen genom att välja rätt uppvärmningssystem (Persson m fl, 2005).



Figur 2.4 Alternativa former för uppvärmning och systemgränser (jmf Person m fl, 2005)

En geografisk avgränsning för det tekniska systemet bör göras. Om fjärrvärme finns med kan tänkbara sträckningar för detta utgöra gränsen för systemet. Ett resonemang om uthållighet kan bygga på olika antaganden som t ex att detta stöds av förnybara energilag, minskade koldioxidutsläpp, rimlig ekonomi, försörjningstrygghet osv. Förutom de tekniska komponenterna kommer därför frågor om vad som kan påverkas i samhället och privat in innanför gränsen av systemet. Inriktningar mot sociotekniska system inom systemforskningen lägger stor vikt vid denna typ av frågor. För att kunna ange systemets gräns behöver man då ta ställning till frågor om vad som kan påverkas i människors beteenden samt påverkan på val av byggnadsstandard och uppvärmningssystem. Utanför det som kan påverkas kan energipriser, regelverk inom EU, statliga stödformer m.m. hamna. Genom arbete med scenarier skapas en bild som skiljer sig från dagens system. Antaganden görs om systemets omgivning, t ex kan detta vara att ambitionerna i EU att skapa en väl fungerande Europeisk elmarknad lyckas. Ett energisystem för värme kan ha olika tekniska resurser som t ex möjligheten att utnyttja spillvärme i Ulricehamn, väl utbyggd fjärrvärme i Solna och avfallsförbränning i Borås. Det kan också vara ägande av fjärrvärmeföretag eller mark där exploateringsavtal ska tecknas med byggherrar. I Dalsjöfors finns en annan form av tillgång som en grupp engagerade kommuninnevånare utgör.

Då det gäller ledningen av ett system beskriver Churchman (1968) att det handlar om vem som utformar planerna, ser till att planerna genomförs och fastställer varför genomförandet inte sker om så är fallet. Mycket av problemen med lokala energisystem är att det är svårt att säga vem som leder systemet. Om vi begränsar systemet till att endast bestå av en byggnad är det oftast ägaren av byggnaden som beslutar om vilket uppvärmningsalternativ som ska väljas. Om begränsningen av det studerade systemet görs till endast enskilda byggnader går det dock inte att se vilka följderna blir då det gäller t ex koldioxidutsläpp. Vilka som uppstår för t ex ett fjärrvärmesystem av de val som olika fastighetsägare gör går inte heller att se. Ett större energisystem, t ex inom en kommun, har flera olika ägare som påverkar detta på olika sätt. För en kommun gäller det kanske främst att fundera på vilka möjligheter som finns för att påverka ägarnas planer.

2.6 Fjärrvärme

Fjärrvärmesystem är flexibla eftersom det är möjligt att anpassa energitillförseln efter de rådande tekniska och ekonomiska förhållandena. Många olika bränslen och energiomvandlingsanläggningar kan användas, t ex oljepannor, bibränsleeldade kraftvärmeverk och eldrivna värmepumpar. Fjärrvärme är oftast ett uthålligt sätt att tillföra värme eftersom den normalt härstammar från överskott (t ex spillvärme från industrier) eller förnybara energikällor (t ex träbränsle). Fjärrvärmens möjliggör också effektiv samproduktion av värme, el och kyla men ibland har fjärrvärme ett mindre uthålligt ursprung som fossila bränslen eller el (Henning och Palm, 2006).

Om eldrivna värmepumpar används för att producera fjärrvärme ökar det CO₂-utsläppen p g a samspelet med kolkondensproduktion i elsystemet (avsnitt 2.2, 2.4). Om fjärrvärmens produceras i ett kraftvärmeverk är den till större nytta eftersom den gör det möjligt att använda spillvärmens från elproduktion i stället för att förbruka el i värmepumpar. Den producerade elen kan då ersätta el från koleldade kondenskraftverk.

En kommun som äger ett fjärrvärmebolag kan styra det till att utnyttja den resurs som ett fjärrvärmesystem utgör för att använda avfallsbränsle, nyttiggöra spillvärme eller öka den lokala elproduktionen i kraftvärmeverk (jmf Palm, 2004). Fjärrvärme gör det möjligt att utnyttja energiresurser som är svåra att använda på annat sätt såsom industriell spillvärme eller värme från pannor som eldas med avfall.

Kraftvärme är ofta en lönsam, resurseffektiv och miljövänlig form av elproduktion eftersom en mycket större del av bränslet utnyttjas genom att värmen tas till vara jämfört med ett kondenskraftverk där värmen spills i kyltorn eller havet (jmf avsnitt 2.3). Fler kraftvärmeverk kan byggas i Sverige, särskilt om fjärrvärmesystemen expanderar. Det kan öka mängden effektivt och miljövänligt producerad el avsevärt och bidra till att minska CO₂-utsläppen genom samspelet på den europeiska elmarknaden (t ex Henning, 2005; Danestig m fl, 2007). Kraftvärmeutbyggnaden stimuleras av stigande elpriser. Med högre elpriser blir fjärrvärmesystemen en ännu mer värdefull resurs för kraftvärmeproduktion.

Förutsättningarna för fjärrvärme beror på bebyggelsens utformning. Värmetätheten för ett område eller ett helt samhälle (avsnitt 2.1) påverkar möjligheterna för fjärrvärme.

Fjärrvärme passar bäst i områden med hög värmtäthet där mycket värme kan levereras per meter fjärrvärmeledning. Fjärrvärme finns därför i första hand i områden med flerbostadshus och större byggnader med lokaler men fjärrvärme levereras också till allt fler villaområden. Små fjärrvärmesystem kallas ibland för närvärme.

Industrier kan stimuleras att gå över från el och olja till fjärrvärme för att täcka sina värmebehov. Ökad anslutning av industrier till fjärrvärmesystemet bidrar till att öka underlaget för kraftvärmeproduktion. Värmebehovet i industrier är ofta mer jämnt spritt över året och kan till stor del täckas av baslastproduktion (t ex kraftvärme, Henning och Palm, 2006; Henning och Trygg, 2008).

Möjligheterna att etablera eller expandera fjärrvärmesystem i nya områden beror förstås också på om fastighetsägarna vill ha fjärrvärme. Värmebehovet som är tillgängligt för fjärrvärmeleverans är i praktiken normalt mindre än det totala behovet p g a nyligen installerade andra värmeanläggningar som värmepumpar och pelletspannor. Långsiktig planering hos både kommun och energibolag kan underlätta utnyttjandet av fjärrvärme som oftast är en uthållig form av energitillförsel.

2.7 Energihushållning

Man kan dela in energihushållningsåtgärder i tre typer:

- Effektivisering som minskar energibehovet
- Laststyrning som minskar effektbehovet
- Byte av energibärare (konvertering) t ex från el till bränsle eller fjärrvärme

Tilläggsisolering, byte till bättre fönster och installation av värmeåtervinning ur frånluften i ventilationen är effektiviseringsåtgärder som minskar behovet av tillförd energi. Laststyrning flyttar energianvändning i tiden men påverkar normalt inte energibehovet. Det behandlas inte i den här studien. Konvertering kan bl a göras där el eller olja används för att producera värme. Elen kan då t ex bytas ut mot något bränsle. En del av konverteringen kan ske till fjärrvärme beroende på om det finns eller planeras fjärrvärme i närheten och för tillverkningsprocesser i industrin också beroende på vilka temperaturer som behövs. Att installera solfångare är egentligen en konverteringsåtgärd. Det minskar inte energibehovet men minskar mängden köpt energi. Effektivisering och konvertering ingår i många framtidsscenarioer för de studerade områdena i kapitel 5-9.

Energihushållningsåtgärderna effektivisering, konvertering och laststyrning innebär att nyttan av energianvändningen är oförändrad. Man kan dessutom tala om energibesparing som innebär att nyttan minskar, t ex minskad bekvämlighet genom en oangenäm rumstemperatur. Sådana åtgärder ingår inte i scenarierna i denna rapport. Ibland används emellertid ordet energibesparing med betydelsen att man sparar energi utan att värdet av energianvändningen minskar.

2.8 Lågenergihus

Det finns flera olika benämningar, utföranden och uppfattningar om lågenergihus. Fredrik Karlsson tar i sin avhandling upp några olika definitioner (Karlsson, 2006). Med referens till Abel (1994) ges beskrivningen att ett lågenergihus är en byggnad som används för utveckling och test av nya tekniker. Vanligt är också beskrivningar där man sätter upp ett mål som innebär noll i inköpt energi. Tre olika tekniska fokus för lågenergihus kan beskrivas; de som fokuserar enbart på värmebehov, de som enbart handlar om elenergi och de som fokuserar på båda. Det finns också minst tre olika slags syften med lågenergihusprojekt; att minska behovet av energi för uppvärmning samtidigt som ett önskat inomhusklimat uppnås, att minska mängden inköpt energi eller att både minska energibehovet och mängden inköpt energi. En annan definition av lågenergihus är ett hus som använder betydligt mindre energi än traditionella byggnader. Andra namn för lågenergihus är avancerade hus, hög presterande hus, hus utan konventionellt uppvärmningssystem och passivhus.

Karlsson (2006) har studerat inomhusklimatet i lågenergihus i Lindås, söder om Göteborg. Radhusen i Lindås byggdes med syfte att visa att det går att bibehålla ett bra inomhusklimat trots att mindre än hälften av den energi som används i konventionella byggnader av samma typ används. Detta uppnås genom att minska värmeförlusterna, med bibehållet inomhusklimat, så mycket att ett uppvärmningssystem inte behövs i husen. Ingen avancerad kunskap om teknik krävs av de boende och tekniken som används i husen är också gängse förekommande och enkel. Mätningar av energibehovet visade att en genomsnittlig, ej gavelplacerad, lägenhet använde 62 kWh/m² totalt, varav 13 kWh/m² (elvärme) var för att klara behovet av bibehållet inomhusklimat. Ett konventionellt svenskt hus använde 128 kWh/m² för uppvärmning (SCB, 2006a). Funktionen av husen i Lindås är tillfredsställanden även om värmefördelningen mellan över- och undervåning kunde ske på ett bättre sätt, kanske med annan planlösning. En annan energibärare än el skulle förmodligen kunna minska miljöeffekterna. Eftersom den huvudsakliga uppvärmningen av huset sker med hjälp av hushållsapparater och mänsklig aktivitet kan det bli kallt när husen inte används. Detta problem har man löst just med att det trots allt finns en enkel anordning för uppvärmning (elvärmebatteri i ventilationsutrustningen) (Karlsson, 2006).

Byggnadsytor

De olika begreppen för byggnadsytor som används kan komplicera jämförelserna mellan olika projekt. Att olika begrepp används beror på avvägningen mellan vad som är praktiskt tillgängliga mått och vad som är lämpligt då det gäller energiberäkningar. För att bedöma energianvändningen brukar man uttrycka den i kWh/m², år. Inom fastighetsförvaltning används begrepp som bruksarea, BRA eller uppvärmd bruksarea över 10°C BRA (t). Andra begrepp är bostadsarea, BOA, lokalarea, LOA, biutrymmesarea, BIA och Bruttoarea, BTA. BRA-ytan är mindre än BOA-ytan. Boverket anger i bl a BBR ytan A_{temp} , uppvärmd area, avsedd för uppvärmning över 10°C. Eftersom de flesta fastighetsägare inte har uppgift om vilken A_{temp} man har i sin fastighet har Boverket i sina allmänna råd till BBR angett att man kan beräkna A_{temp} som BOA + LOA. Där inte annat anges avses i denna rapport BOA (BBR, 2006; SCB, 2006b).

I scenarier för Solna och Ulricehamn i kapitel 8 och 9 har några exempel på projekt med lågenergihus använts som förebilder vid beräkningarna. En del problem vid jämförelser mellan olika projekt uppstår bland annat beroende på att man relaterar uppvärmningsbehovet till olika ytor. Vidare finns i vissa projekt inga uppmätta resultat utan endast beräknade uppgifter. Huvudsyftet med att använda dessa exempel i scenarierna är att illustrera hur stor skillnaden blir med lågenergihus jämfört med konventionella byggnader och att det finns verkliga projekt bakom beräkningarna. Syftet med scenarierna är att utmana tankarna kring vad som anses vara möjligt i olika projekt men då det gäller genomföranden på en ny plats måste mer anpassade beräkningar genomföras.

I Alingsås pågår projektet Brogården där man rustar upp trevånings flerbostadshus från 1970, med fjärrvärmeuppvärmning, så att energibehovet minskas radikalt. Husen måste få nya fasader på grund av sprickor och söndervittring och man avser att samtidigt satsa på fler energiåtgärder.

Brogården, Alingsås

Omfattande renovering av befintlig byggnation från 1970, 3 våningar, klart 2007.

- minimering av köldbryggor
- 35 cm isolering i ytterväggar,
- 50 cm isolering på taket
- värmeväxlare för till- och frånluft i samtliga hus och lägenheter
- solfångare och befintlig fjärrvärme.

Tabell 2.1. Beräknad energi för värme o tappvarmvatten, Brogården (Alingsåshem, 2007)

	Uppvärmning	Tappvarmvatten	Totalt
Köpt energi, kWh/m ²	27	25	52
Energibehov, kWh/m ²	27	(42)	(69)

Som ett exempel på nybyggnation av flerbostadshus med lågt energibehov har höghuset Seglet i Karlstad använts. Huset är 12 våningar högt och består av totalt 44 lägenheter. Den beräknade energitillförseln är enligt Karlstads bostads AB, 20 kWh/m², BOA. En annan uppgift är 13,6 kWh/m², BRA (Thormark, 2006).

Seglet, Karlstad

Nybyggt 12-våningshus med 44 lägenheter. Klart 2007.

- väggisolering ca 45 cm och isolering av tak ca 80 cm.
- värmeväxlare med 50% verkningsgrad
- fjärrvärme

Tabell 2.2. Beräknad energi för uppvärmning och tappvarmvatten Seglet (Thormark, 2006 och Karlstads bostads AB, 2007)

	Uppvärmning	Tappvarmvatten	Totalt
Köpt energi, kWh/m ²	>14 ¹ (20 ²)	25 ³	39 (45 ²)
Energibehov, kWh/m ²			

¹Värde för totala golvarean innanför omslutande ytterväggar som denna uppgift bygger på, BRA, medför lägre siffra jämfört med för den mindre ytan BOA som används för övrigt i denna rapport.

²kWh/m², BOA. Beräknat värde från Karlstads bostads AB.

³Med solvärme som i Brogården.

År 1998 startade projektet Kvarteret Jöns Ols som skulle bli ett energisnålt flerbostadshus i syfte att minska miljöbelastningen. Det byggdes, ägs och förvaltas av Lunds Kommuns

Fastighets AB, LKF. Huset består av 34 hyreslägenheter i en fyravånings vinkelbyggnad belägen i Lund i kvarteret Jöns Ols.

Jöns-Ols

Nybyggnation 34 hyreslägenheter, 4 våningar, klart 2000.

Vattenburen uppvärmning med

-frånlufts/utelufts värmepump

-komplettering med fjärrvärme

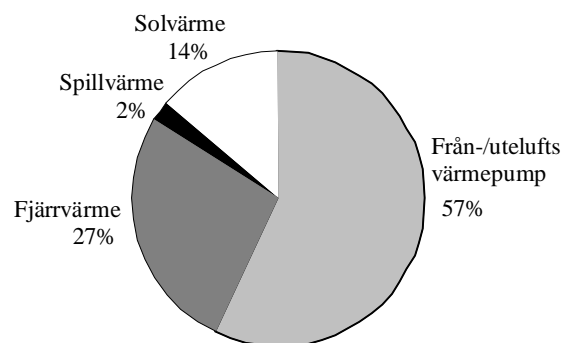
-värmeåtervinning av spillvärme från avloppsvatten till tappvarmvatten

-solfångare för tappvarmvatten, kompletterade med fjärrvärme

-konventionell byggteknik men välisolerat

Tabell 2.3. Uppmätt energi för uppvärmning och tappvarmvatten, Jöns Ols (Warfvinge, 2005)

	Uppvärmning	Tappvarmvatten	Totalt
Köpt energi, kWh/m ²	40	13	53
Energibehov, kWh/m ²	74	29	103



Med anledning av den nya lagen om energideklaration för byggnader (Lag, 2006) har Boverkets tagit fram föreskrifter och allmänna råd om energideklaration för byggnader (BFS, 2007).

Byggnadsnormen BBR 2006 innehåller föreskrifter och allmänna råd till olika lagar och förordningar. Här anges bland annat följande:

För uppvärmning och tappvarmvattenanvändning anges att bostäder skall vara utformade så att byggnadens specifika energianvändning högst uppgår till 110 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon söder och 130 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon norr. För en- och tvåbostadshus med direktverkande elvärme som huvudsaklig uppvärmningskälla får byggnadens specifika energianvändning högst uppgå till 75 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon söder och 95 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon norr. (BFS, 2006) Allmänt råd; I byggnadens specifika energianvändning ingår inte hushållsel.(BFS, 2006).

2.9 Samspel mellan tillförsel och användning

Det finns många olika energitillförselalternativ och många sätt att minska energibehovet. Det innebär att det finns ett stort antal möjliga kombinationer av energitillförsel tekniker och energibehovsnivåer som kan passa ihop mer eller mindre bra.

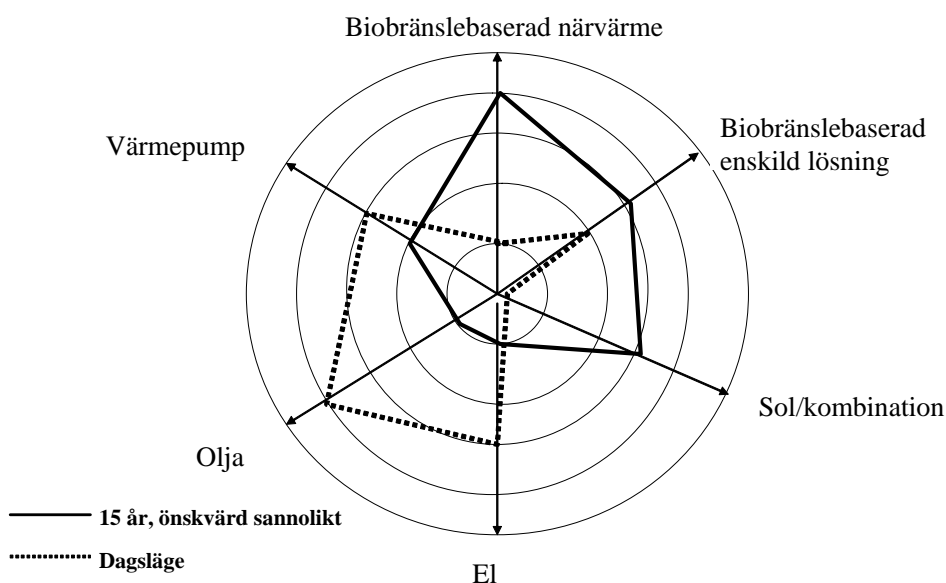
El kan vara lämpligt för hus med lågt energibehov. Om endast lite energi behövs gör det inte så mycket att behovet tillgodoses med el som är en högvärdig energiform. Även om CO₂-utsläppen per kWh är höga (avsnitt 2.4) så behövs inte så många kWh och totalutsläppen kan bli ganska små. Många uppvärmningsformer med el har låga investeringskostnader. Vid lågt energibehov lönar det sig inte att investera så mycket pengar i utrustning för energitillförsel eftersom driftskostnaderna är låga. Fjärrvärme kan passa bättre för hus med högt energibehov. Stort energibehov gör att kostnad och miljöpåverkan per energienhet bör hållas låg. Investeringarna är större särskilt om man beaktar ledningsnätet men kan vara motiverade om de sänker driftskostnaderna, särskilt som de kan slås ut på ganska många kWh per år. Man kan förstås ha lågenergihus med fjärrvärme men med lågt värmebehov krävs en lägre värmeproduktionskostnad för att det ska löna sig med ett fjärrvärmesystem. Investeringar i enskilda pannor och bergvärmepumpar kräver också ett någorlunda stort värmebehov för att löna sig. Olika former av energitillförsel och skiftande nivåer på energibehovet har kombinerats i scenarierna i kapitel 5-9.

3 Metod och genomförande

Detta kapitel behandlar hur nulägesbeskrivningar och scenarier för värmebehov, värmeförsörjning och energihushållning har utarbetats. Både beskrivningarna av nuläget och scenarierna har använts i en process att utveckla metoder som integrerar energifrågor i fysisk planering och som beskrivs i följande avsnitt.

3.1 Planeringsprocess

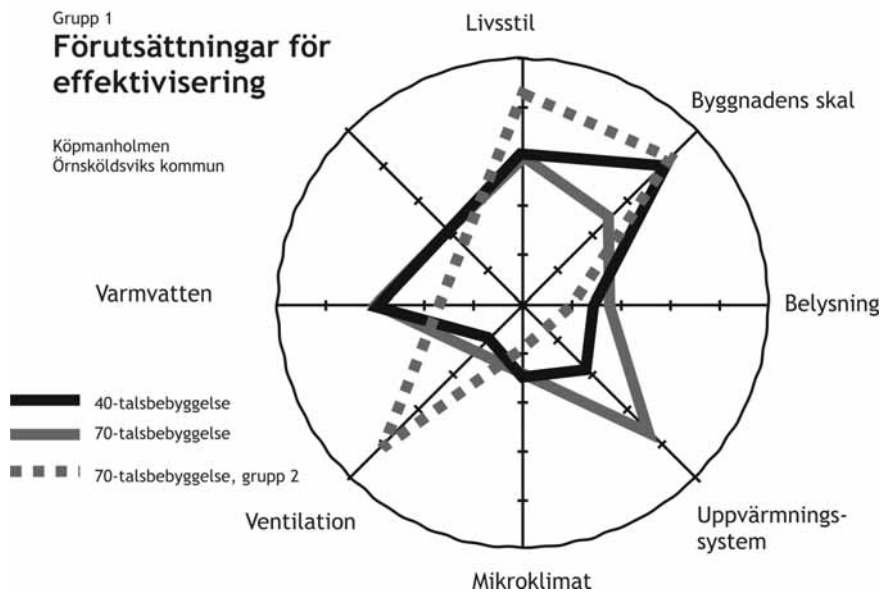
De studier som redovisas i denna rapport har använts vid en serie seminarier där energifrågor tagits upp i samband med fysisk översiktplanering (Ranhagen, 2008). Vid seminarier ute i de deltagande kommunerna under hösten 2006, delades de studerade områdena, samhällena och städerna upp i olika områden baserat på bebyggelsens ålder, användning och struktur. Lokala företrädare gav sin syn på hur uppvärmning sker för närvarande och vilka energitillförselalternativ och energihushållningsmöjligheter som de ansåg vara möjliga, önskvärda och sannolika att införa i området (Ranhagen, 2008).



Figur 3.1 Värderos för uppvärmningsformer i Dalsjöfors i Borås stad grundad på workshop hösten 2006 och bearbetad av kommunala tjänstemän (Ternström, 2006)

Värderosor (figur 3.1, 3.2, Ranhagen, 2008) fungerade som stöd vid seminarierna för att lyfta fram det mest intressanta ur lokalt perspektiv då det gäller dels energianvändning och dels energitillförsel. I värderosen visar den yttre ringen den maximala uppfyllelsen av de faktorer som värderas. För tillförsel av värme var uppgiften att för varje rubrik markera i vilken grad olika uppvärmningsformer är möjliga och önskvärda att använda. Figur 3.1 visar att en övergång till biobränsle sågs som önskvärd i Dalsjöfors. Då det gäller energianvändningen markerades för varje rubrik hur viktiga olika faktorer var och hur möjligt det var att minska energibehovet genom åtgärderna (Ranhagen, 2008). I Köpmanholmen ansågs småhusen från 40-talet ha sämre väggar och fönster och att det

därför gick att påverka värmebehovet en hel del genom tilläggsisolering av byggnadsskalet (figur 3.2). De två diskussionsgrupperna hade emellertid vitt skilda uppfattningar om förutsättningarna för effektivisering i 70-talshusen vilket visar på svårigheterna med att diskutera dessa frågor utan faktaunderlag. Värderosorna kan utnyttjas mer ingående i en planeringsprocess men användes i det här momentet främst som ett verktyg för att strukturera diskussionerna där man kunde åskådliggöra nuläge och vad som är möjligt, troligt och önskvärt i framtiden.



Figur 3.2 Värderos för möjligheter att påverka energianvändningen i småhusområden från 40- och 70-talet i Köpmanholmen i Örnsköldsviks kommun gjort under workshop hösten 2006 bearbetad av kommunala tjänstemän (Lundgren, 2007)

I de lokala seminarierna deltog oftast ledamöter av kommunstyrelsen, lokala tjänstemän som arbetar med fysisk planering och miljö, energirådgivare, representanter för fjärrvärmebolaget och Energimyndigheten samt forskare inom fysisk planering och energisystem. Ibland deltog även ledamöter i bygg- o miljönämnder och företrädare för samhällsföreningar i mötena.

Under vintern kartlade vi nuvarande värmeförsörjning och utarbetade scenarier för den framtida värmeförsörjningen och värmebehovet som delvis var inspirerade av vad de lokala representanterna ansåg om olika möjligheter till energitillförsel och energihushållning.

Vid nya lokala seminarier under våren 2007 presenterades scenarierna av forskarna och de analyserades och diskuterades av förtroendevalda politiker och kommunala tjänstemän från bl a avdelningarna som ansvarar för fysisk planering, miljöfrågor, energirådgivning och bygglov samt företrädare för fjärrvärmebolag och i vissa fall samhällsföreningar. Det diskuterades hur möjligt och önskvärt det är att vidtaga de åtgärder som krävs för att uppnå de situationer som scenarierna beskriver för befintliga och nya byggnader enligt de tidigare utvecklade framtidsbilderna av önskvärd fysisk struktur för de studerade områdena (kapitel 1, Ranhagen, 2006, 2008). Diskussionsfrågorna rörde vilka lösningar

som passar bra för olika områden och vad som kan gå att förverkliga samt var det finns goda förutsättningar för effektivisering, solvärme, pelletspannor och fjärrvärme. Diskussionerna ledde bl a till frågor om hur kommunala tjänstemän kunde få olika lokala aktörer att verka för mer uthålliga energilösningar. Mellan de lokala mötena träffades representanter för alla kommuner för att utbyta erfarenheter och idéer (Ranhagen, 2008).

3.2 Energianalys – Nuläge

I det första steget av energianalysen gjordes en nulägesbeskrivning för de studerade orterna och områdena. Vi uppskattade nuvarande värmebehov, uppvärmningssätt samt el- och bränsleanvändning grundat på information från:

- Sotaren: olje-, ved-, pelletspannor
- Miljökontoret: anmälda värmepumpar, inspekterade och skrotade oljetankar
- Fjärrvärmebolaget
- Kommunala bostadsbolaget och andra större fastighetsägare
- Förvaltare av kommunens lokaler
- Större industrier
- Tidigare fastighetsinventeringar av byggnaders typ och ålder
- Statistik för riket: värmebehov för bostäder av olika ålder (avsnitt 3.5, t ex SCB, 2006a)
- Svensk Fjärrvärme – Värmegles: Fördelning mellan värmekällor i småhus i olika kommuner (Sandberg och Overland, 2003)

Kommunala tjänstemän tog dessutom fram en del uppgifter ur kommuners GIS (geografiska informationssystem, t ex byggnaders ålder) och beräknade markytor. Förutom information från lokala företrädare hämtades information om industriföretag även från Affärsdata (2006).

Vilka källor som använts varierar mellan de studerade orterna. I något fall (Köpmanholmen i Örnköldsvik, kapitel 7) användes t ex ett äldre fastighetsregister med uppgifter om uppvärmningssätt och energianvändning som utgångspunkt för kartläggningen. För Köpmanholmen utnyttjades även två fjärrvärmeutredningar med uppgifter om vissa fastigheters uppvärmningsformer och värmebehov.

För att kunna hantera informationen delades orterna in områden med hus av liknande ålder, typ och användning baserat även på den indelning av orterna som gjordes vid seminarier (avsnitt 3.1). För varje område beräknades värmebehov och uppvärmningssätt.

Värmebehovet per markyta (värmetettheten) beräknades för områdena i de studerade samhällena och städerna. Värmetettheten beror på storleken och energistandarden (t ex ytterväggar, fönster) för byggnaderna, avståndet mellan husen och värmeanvändningsvanorna hos brukarna (t ex boende, anställda, besökare) såsom varmvattenförbrukning och önskad inomhustemperatur. I vissa fall beräknades även andelar av värmebehovet som täcks på ett visst sätt i olika områden (t ex 35% värmepumpar).

Beskrivningarna ska ses som en ungefärlig bild av nuvarande värmebehov, uppvärmningssätt och använda energibärare (t ex bränslen, el, fjärrvärme).

3.3 Scenarier

Baserat på beskrivningen av dagens läge utarbetades scenarier för värmeförsörjning och värmebehov. För att få till stånd uthålliga energilösningar är det viktigt med ett genomförbart tillvägagångssätt. Olika former av energiförsörjning och energihushållning är lämpliga i olika områden och planeringsprocessen behöver utformas på olika sätt beroende på den lokala situationen. Scenarier kan vara användbara eftersom de både visar olika tekniska effekter som energianvändning och har ett öppet angreppssätt som inbjuder till dialog mellan berörda aktörer om flera vitt skilda lösningar (Ranhagen, 2008). Eftersom förhållandena skiftar mellan olika kommuner kan det vara svårt för en enskild kommuns personal att använda allmänna rekommendationer om åtgärder. Scenarier för ett område i en kommun som anpassas till de lokala förhållandena kan vara en bättre utgångspunkt för diskussioner och djupare analyser.

Scenarier kan användas för att ta fram en önskad utveckling och för att utmana fantasin inför de framtider som vi faktiskt inte kan prognostisera (Danestig och Westerberg, 2005). Scenarier kan utarbetas för lokala förhållanden och på övergripande nivå (t ex Henning och Togeby, 2006). Börjeson m fl (2006) beskriver tre frågor som scenarieanvändare kan ställa:

- Vad kommer att hända? Besvaras av prognostiserande scenarier
- Vad kan hända? Besvaras av undersökande scenarier
- Hur kan ett speciellt mål uppnås? Besvaras av normativa scenarier

Det övergripande syftet med programmet Uthållig kommun är ökad uthållighet, vilket i första hand gör den tredje frågan om hur ett visst mål kan nås mest intressant. I praktiken har det visat sig viktigt att belysa alla tre frågorna men de är inte alltid lätta att särskilja. Det kan vara lämpligt att börja med att utforska olika möjliga alternativ vilket innefattar förutsägelser om hur omvärlden utvecklas och om vad som kan förverkligas i en kommun. Detta innebär att scenarier som är delvis förutsäggande och delvis utforskande utformas. Det kan öka kunskaperna, leda till samverkan mellan forskare och praktiker och skapa en gemensam förståelse av vad uthållighet innebär.

De utvecklade energiscenarierna användes som diskussionsunderlag vid möten mellan olika lokala aktörer ute i kommunerna (avsnitt 3.1, Ranhagen, 2008). I scenarierna används olika former av värmeförsörjning i varierade utsträckning. I vissa fall studeras endast befintlig bebyggelse medan i det i andra fall även ingår planerad nybyggnation i scenarierna. Värmebehovet varierar också beroende på om och i vilken utsträckning energihushållningsåtgärder görs i befintliga hus och vilken energistandard ny bebyggelse får.

Scenarierna visar i många fall ytterligheter som att det görs omfattande energihushållningsåtgärder i alla byggnader eller att ett fjärrvärmesystem byggs som täcker i stort sett alla värmebehov i ett samhälle. En sådan utveckling kommer förmodligen aldrig att förverkligas men syftet är att tydliggöra konsekvenserna av olika handlingsvägar och att stimulera till diskussion vid seminarierna. Scenarierna ger inte en exakt bild av som är möjligt att genomföra utan försöker tydligt illustrera olika alternativ

som kan tjäna som diskussionsunderlag. Ytterlighetsscenarier med fokus på antingen energihushållning eller förnybar energitillförsel kan formulera principiellt olika alternativ och hjälpa till att renodla diskussionen (Ranhagen, 2008).

För några orter gjordes scenarier dels med lågt värmebehov och mycket elvärme och dels nuvarande värmebehov och mycket fjärrvärme. Energinivåer och energitillförselalternativ har kombinerats för att få ett överskådligt antal scenarier men också därför att ett lågt energibehov skulle kunna tillgodoses av en energiform av hög kvalitet (el) medan ett stort energibehov hellre bör täckas av den normalt mer uthålligt producerade energibäraren fjärrvärme. Kombinationerna av tillförsel och behov motiveras också av att ett lågt energibehov kanske bara motiverar små investeringar i elvärme medan ett högre energibehov kan göra stora investeringar i pannor eller fjärrvärmesystem fördelaktiga (jmf avsnitt 2.9).

För samhällena Köpmanholmen och Dalsjöfors i Örnsköldsvik respektive Borås kommuner utarbetades tre likadana scenarier med kombinationer av energitillförsel och energihushållningsåtgärder (avsnitt 6.3).

Scenarierna kan visa på uthålliga lösningar som de lokala företrädarna tycker är bra men de nödvändiga stegen på vägen mot den önskade utvecklingen måste också beskrivas och diskuteras. Dessa frågor om hur man kan nå ökad uthållighet är mycket viktiga men har varit svåra att behandla (jmf Ranhagen, 2008).

3.4 Beräkningar

För de mindre samhällena Köpmanholmen och Dalsjöfors sammanställdes fastighetsregister med värmebehov, uppvärmningssätt och energianvändning baserade på uppgifterna från de olika källorna som nämns i avsnitt 3.2. Informationen behövde bearbetas på många sätt varvid ett antal antaganden behövde göras. Sotarna angav bl a inte om det fanns kombipannor (t ex för både ved och olja) utan bara det bränsle som kräver sotning med tätast mellanrum. Därför kan t ex en del angivna vedpannor även använda olja och el och en del oljepannor kan även drivas med el. Fördelningen mellan olika typer av pannor liksom antal småhus med vattenburen och direktverkande elvärme uppskattades med hjälp av Sandberg och Overlands (2003) fördelning mellan olika värmekällor för kommunen med antagandet att de trender deras uppgifter visar fortsätter (t ex hur antalet oljepannor minskar). En del elvärmda hus antas få visst värmestillskott från braskaminer. Antalet värmepumpar antas vara något större än vad som anmälts till miljökontoret.

De största industriföretagen i samhällena gav per telefon uppgifter om verksamheten, värmekällor, energianvändning, lokalytor och värmebehov i tillverkningsprocesserna samt ibland även drifttider och installerade effekter. Baserat på dessa uppgifter och erfarenheter från andra liknande industrier (t ex Henning, 2005; Gebremedhin m fl, 2006) beräknades nuvarande värmebehov samt el- och bränsleanvändning. För mindre industrier uppskattades lokalytor samt värmebehov för uppvärmning och tappvarmvatten.

Kommunala tjänstemän gav uppgifter om uppvärmningssätt, lokalytor och energianvändning i t ex skolor och äldreboenden. Större fastighetsägare gav sådana uppgifter för både sina flerbostadshus och lokaler. Yta och energiåtgång för andra, oftast mindre, lokaler (t ex affärer) uppskattades med hjälp av bl a kartor, foton och planprogram.

Fördelningen mellan olika uppvärmningssätt och användningen av olika energibärare beräknades för varje område. För kombipannor antogs bibränsle (ved eller pellets) användas i första hand samt olja och el användas i lika stor utsträckning. För de flesta bostäder antogs värmebehovet vara det normala för småhus och flerbostadshus av en viss ålder (se nästa avsnitt).

Med utgångspunkt i den framräknade beskrivningen av nuvarande värmebehov och energianvändning beräknades hur värmebehovet skulle kunna minska i byggnader av olika ålder och hur förbrukningen av el och bränslen kan förändras genom byte av uppvärmningsform (se kapitel 5-9, t ex avsnitt 6.3).

3.5 Allmänna indata

Här redovisas en del allmänna statistikuppgifter om normalt värmebehov för byggnader av olika ålder som använts i beräkningarna förutom då byggnaders värmebehov varit känt. Tabell 3.1 visar först genomsnittlig energianvändning för uppvärmning och tappvarmvatten för småhus som är byggda under olika perioder (SCB, 2006a). Energianvändningen har normalårskorrigerats (SCB, 2006b). Den genomsnittliga energianvändningen per småhus grundar sig på hur många och hur stora hus som byggdes under de olika decennierna (SCB, 2006a). De uppgifterna har också använts för att beräkna de vägda genomsnitten för småhusen under de ingående decennierna i perioderna 1961-1980 samt 1981 och senare. I tabell 3.1 visas också den normalårskorrigerade genomsnittliga energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten i flerbostadshus som har byggts under olika decennier (SCB, 2006b). Genomsnittlig energianvändning för uppvärmning o tappvarmvatten i lokaler visas sist i tabell 3.1 (SCB, 2006c). Hus byggda under perioderna 1961-1980 och sedan 1981 antas ha de genomsnittliga värmebehov som anges i tabell 3.1 om annat inte är känt.

Tabell 3.1 Genomsnittlig årlig energianvändning för uppvärmning och tappvarmvatten för småhus, flerbostadshus och lokaler i Sverige

Byggår	från	t o m	1941	1961	1971	1981	1991	fr o m	alla	1961	fr o m
	till	1940	1960	1970	1980	1990	2000	2001		1980	1981
Småhus											
kWh/m ²		207	200	167	156	159	146	131	179	160	152
MWh/hus		26,1	22,1	19,5	20,4	20,1	18,9	18,6	22,1	20,0	19,6
Flerbostadshus											
kWh/m ²		165	177	172	175	134	140	141	166	174	138
MWh/lgh		12,8	12,0	12,8	13,1	11,0	10,9	10,7	12,3	13,0	10,9
Lokaler											
kWh/m ²		138	139	144	134	122	124	106	135	139	117

Byggnadernas värmebehov beror förstås också på klimatet. Örnsköldsvik ligger i temperaturzon 2 medan övriga här studerade kommuner ligger i temperaturzon 3. Men statistiken visar att i både temperaturzon 2 och 3 är energibehovet ungefär som rikets genomsnitt och värdena i tabell 3.1 används därför för alla orter (SCB, 2006b). Klimatet är kallare i norr men detta tyder på att husen också har en bättre värmeknisk standard i form av t ex tjockare isolering där.

För industribyggnader med okänd energianvändning antogs energibehovet för uppvärmning och tappvarmvatten vara $140 \text{ kWh/m}^2\text{,år}$ (Danestig och Westerberg, 2005: bilaga 2).

4 Genomförda studier

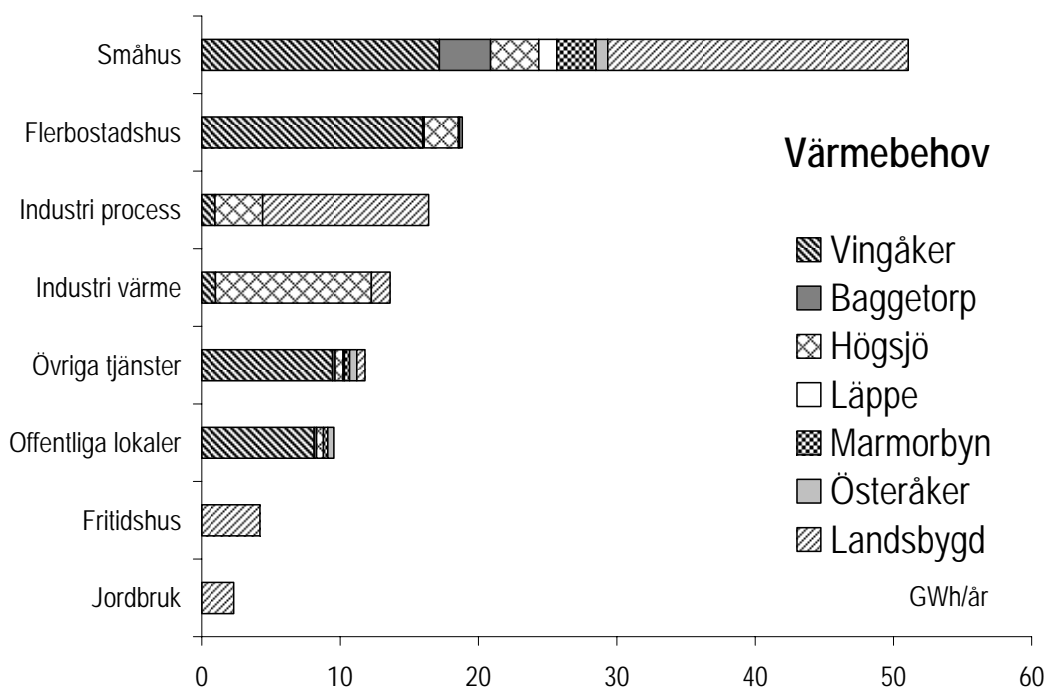
Arbetet med att i högre grad få in energifrågor i fysisk planering genom scenarier har genomförts i de fem kommunerna som ingår i programmet Uthållig kommun: Vingåker, Borås, Örnsköldsvik, Ulricehamn och Solna. I de följande kapitlen presenteras nuläge och scenarier för energitillförsel och energianvändning i de fem kommunerna. För Vingåker gjordes en pilotstudie samtidigt med den första etappen av projektet fysisk planering (Ranhagen, 2006). Vingåkersstudien har rapporterats tidigare (Gebremedhin m fl, 2006) och refereras bara kortfattat här. De andra kommunstudierna har ingått som en sammanvävd del av etapp 2 av projektet om fysisk planering (Ranhagen, 2008) och rapporteras utförligare. Hela Vingåkers kommun men mindre delar av de andra kommunerna behandlas.

5 Vingåker

I Vingåkers kommun finns centralorten med samma namn och ett antal större och mindre samhällen. De flesta av de 9 200 invånarna bor i småhus och kommunala tjänstemän förväntar sig inte att befolkningen kommer att öka. I kommunen finns ett par medelstora och några små industrier. Det finns ett fjärrvärmenät i centralorten som drivs av ett privat företag (Rindi Energi) som emellertid inte deltog i planeringsprocessen inom detta projekt. Tidigare studier av Vingåker inom uthållig-kommun-programmet har bl a behandlat det tidigare fjärrvärmebolagets konkurs (Gebremedhin m fl, 2006). Eftersom kommunen är liten har arbetet inom programmet Uthållig kommun rönt stor uppmärksamhet och många förtroendevalda politiker medverkade i de lokala seminarierna men å andra sidan har den kommunala förvaltningen mycket begränsad personalkapacitet.

I Vingåker utarbetas en fysisk översiktsplan för hela kommunen (372 km²). Därför behandlas här värmebehov och uppvärmningsformer nu och i framtiden för alla delar av kommunen. Hur kartläggningen av nuvarande värmebehov skedde beskrivs ingående av Gebremedhin m fl (2006) och tas därför inte upp här.

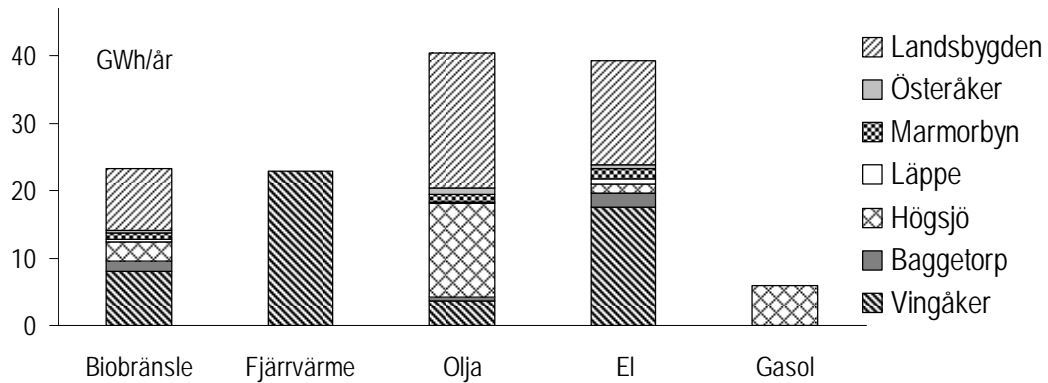
5.1 Förutsättningsanalys – Nuläge



Figur 5.1 Värmebehov för olika samhällssektorer och delar av Vingåkers kommun idag.

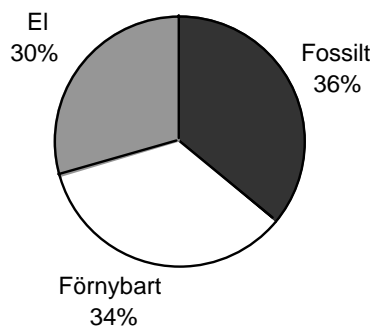
I Vingåker kartlades värmebehovet i olika samhällssektorer för de olika orterna och landsbygden. Figur 5.1 visar att småhus dominerar värmebehovet och att de flesta

flerfamiljshusen och servicelokalerna finns i centralorten Vingåker. Gebremedhin m fl (2006) gjorde energikartläggningar av i stort sett alla industrier i kommunen. En del av dem finns i det näst största samhället Högsjö och några ligger på landsbygden. Industrierna skulle kunna sänka sin elförbrukning med 20% och minska användningen av fossila bränslen i ännu större utsträckning. Förutom värme för industriell tillverkning representerar alla staplar i figur 5.1 uppvärmning och tappvarmvatten. Värmetätheten är högst i Högsjö (23 kWh/m²,år) p g a de stora industrierna där och näst högst i Vingåker (14 kWh/m²,år) eftersom där finns fler stora byggnader än på de mindre orterna.



Figur 5.2 Användning av olika energibärare för värmeproduktion i Vingåker idag (Gebremedhin m fl, 2006)

Användningen av bränslen, fjärrvärme och el (energibärare) för uppvärmning och tappvarmvattenberedning i olika samhällssektorer samt industriell processvärme och värmebehov i jordbruk för olika delar av Vingåkers kommun sammanfattas i Figur 5.2 där det framgår att olja och el är de mest använda energibärarna. Mycket olja och gasol men även en hel del biobränsle används i Högsjö medan förhållandevis lite olja används i Vingåker. Gasol finns endast tillgängligt i Högsjö. Fjärrvärmens produceras nästan helt med biobränsle. Figur 5.3 visar att värmebehovet till ungefär lika stora delar täcks av el, fossila och förnybara bränslen.



Figur 5.3 Fördelning mellan fossila och förnybara bränslen samt el för att täcka värmebehoven i Vingåkers kommun idag (Gebremedhin m fl, 2006)

Primärenergiebehovet för att täcka värmebehoven i Vingåker är nu totalt 24 000 kWh per person och år om elen kommer från kolkondenskraftverk. Koldioxidutsläppen för att

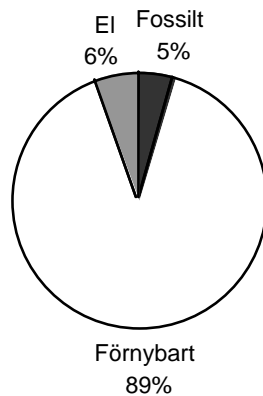
tillgodose värmebehoven i Vingåkers kommun är nu 1,4 ton per invånare och år från lokal förbränning av fossila bränslen och 4,3 ton/inv,år från elproduktion i kolkondenskraftverk.

5.2 Scenarieförutsättningar

Gebremedhin m fl (2006) utarbetade bara scenarier där värmeförseln varierar medan värmebehovet är oförändrat. Befintlig uppvärmning med fjärrvärme, värmepumpar och bibränslepannor finns kvar i scenarierna men all värme från el, olja och gasol konverteras till antingen pelletspannor, värmepumpar eller fjärrvärme. Förutom de scenarier som Gebremedhin m fl (2006) presenterade uppskattas här påverkan av energieffektivisering och möjligt bidrag från solvärme. Det är emellertid en överslagsberäkning som enbart var avsedd som ett diskussionsunderlag vid seminarier i kommunen (avsnitt 3.1). Bl a har inte husens ålder beaktats när möjligheterna att minska energibehovet uppskattats. Alla scenarier omfattar bara befintlig bebyggelse.

5.3 Resultat

Först presenteras här pelletsscenarioet enligt Gebremedhin m fl (2006) utan effektiviseringsåtgärder (se även Henning m fl, 2006c). Figur 5.4 visar hur förnybar energi helt skulle dominera värmeförseln vid en massiv konvertering till pellets. Elen används till värmepumpar och det fossila är olja och gasol som används i industriella tillverkningsprocesser där de inte kan ersättas av andra bränslen.



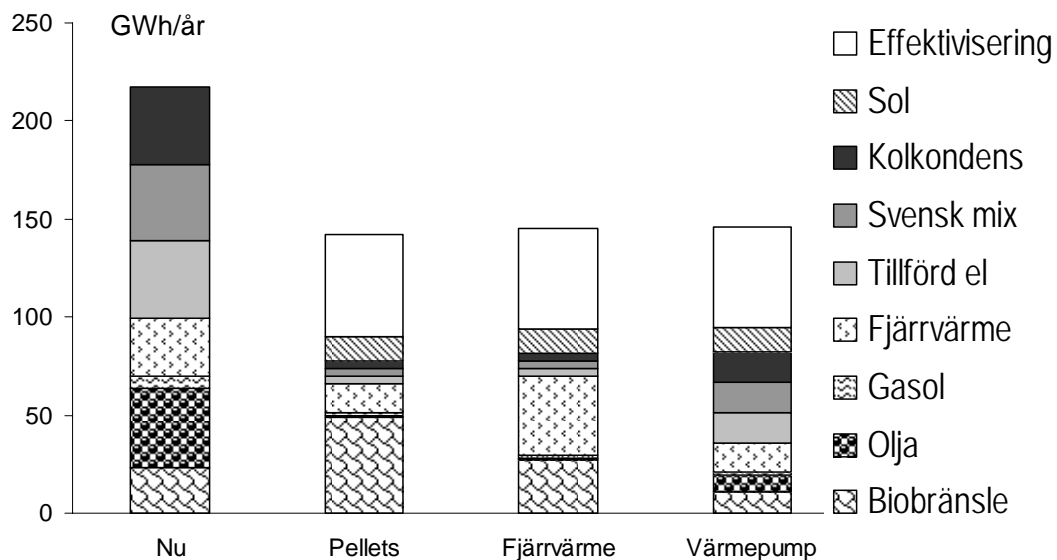
Figur 5.4 Fördelning mellan fossila och förnybara bränslen samt el för att täcka värmebehoven i Vingåker i pelletsscenarioet (Gebremedhin m fl, 2006)

Primärenergibehovet för att täcka värmebehoven i Vingåker är i pelletsscenarioet totalt 16 900 kWh per person och år om elen kommer från kolkondenskraftverk.

Koldioxidutsläppen för att tillgodose värmebehoven i Vingåkers kommun är i pelletsscenarioet 0,2 ton per invånare och år från lokal förbränning av fossila bränslen och 0,8 ton/inv,år från elproduktion i kolkondenskraftverk.

I figur 5.5 visas primärenergibehovet fördelat på olika energibärare för det befintliga värmeproduktionssystemet och de tre scenarierna inklusive uppskattade möjligheter till

energieffektivisering och solvärmeutnyttjande. Mest biobränsle finns förstås i stapeln för pelletsscenariet men även fjärrvärmen produceras till allra största delen med biobränsle. Oljan minskar i alla scenarier men i värmepumpsscenariet används olja i tillverkningsprocesser i industrin som inte kan tillgodoses med den lågtemperaturvärme som värmepumpar alstrar och som i det fallet inte antas kunna konverteras till biobränsle. Gasol står för en liten andel i alla fall. Elen har delats upp i tre lika stora delar där den undre tredjedelen är den mängd el som tillförs till Vingåker, den mittersta tredjedelen är det primärenergibehov som uppstår när man betraktar svensk elproduktion där värme spills vid kärnkraftverken och den översta tredjedelen är det ytterligare primärenergibehov som uppstår om elen anses härröra från koleldade kondenskraftverk där två tredjedelar av bränsleenergin spills (jmf kapitel 2, Gebremedhin m fl, 2006). I alla tre scenarierna minskar effektiviseringsåtgärderna tilläggsisolering samt byte av fönster och ventilation värmebehovet med 40% och utnyttjande av solvärme (solfångare) täcker 10% av det ursprungliga värmebehovet.



Figur 5.5 Primärenergibehov för att täcka värmebehoven i Vingåker nu och i de tre scenarierna med uppskattad omfattning av energieffektivisering och solvärme (jmf Gebremedhin m fl, 2006)

Vid ett lokalt seminarium (avsnitt 3.1, Ranhagen, 2008) utgjordes diskussionsunderlaget både av de tidigare utformade scenarierna och de nya med uppskattad effektivisering och solvärme. I diskussionen framfördes bl a att gemensamma solfångaranläggningar skulle kunna installeras på stora platta fabrikstak.

6 Borås

Borås Stad har en yta på 973 kvadratkilometer och en befolkning på drygt 100 000 invånare. Tidigare studier inom programmet Uthållig kommun visade att ökad elgenerering i anslutning till fjärrvärmeproduktionen kan vara lönsam särskilt om fler industrier ansluts till fjärrvärmenätet (Gebremedhin och Palm, 2005). I studien analyserades även möjligheterna till effektivare energianvändning i tio industriföretag. De skulle kunna minska elanvändningen med 20% och sin förbrukning av fossila bränslen i ännu högre grad. Kommunens energirådgivare bör stimulera sådana energihushållningsåtgärder genom kontinuerliga kontakter, information och mötesarenor, särskilt när företagen genomför investeringar (Gebremedhin och Palm, 2005).

I Borås stad utvecklades en fördjupad översiktsplan för samhället Dalsjöfors som har omkring 3 400 invånare och ligger cirka 10 km från staden (Ranhagen, 2006, 2008). Ledamöter av kommunalnämnden och representanter för en förening som främjar bygdens utveckling ansåg vid seminariet som hölls under hösten 2006 att ett av de större lokala bebyggelseproblemen var på väg att lösas i och med att ett äldreboende skulle byggas, vilket skulle göra fler av de småhus som dominerar orten tillgängliga för barnfamiljer.

Fjärrvärme levereras nu från en träbränsleeldad panna till en skola, sporthall, äldreboende, flerbostadshus och en villa. Energibolaget planerar en utbyggnad som skulle kunna inbegripa fjärrvärmeförsäljning till det nya seniorboendet och samhällets största industri. Värmen skulle kunna levereras från en ny biobränslepanna vid fabriken eller genom en fjärrvärmekulvert från Borås. Beslut har efter studiens genomförande tagits om att ansluta Dalsjöfors till kraftvärmeverket i Borås som eldas med biobränsle och utsorterat avfall. Det ger möjlighet till minskade koldioxidutsläpp och en kraftig ökning av fjärrvärmen i Dalsjöfors.

6.1 Metod och genomförande

Nuvarande värmebehov, uppvärmningsformer och användning av energibärare beräknades (jmf avsnitt 3.2) med hjälp av uppgifter om anmälda värmepumpar samt inspekterade och skrotade oljetankar enligt miljökontoret, antal pannor som eldas med olja, ved eller pellets enligt sotaren, det kommunala bostadsbolaget Toarpshus' lägenheter, kommunens lokaler (skolor, äldreboenden, kommunalskontor m m), de större industrierna (Coats, Fasadsystem, tryckeriet), Borås Energis fjärrvärmeleveranser, byggnadernas typ och ålder enligt en tidigare fastighetsinventering, markytor från kommunens GIS, värmebehov för småhus och flerbostadshus av olika ålder enligt SCB (avsnitt 3.5) samt Svensk Fjärrvärmes projekt Värmegles om fördelning mellan värmekällor i småhus i olika kommuner (t ex mellan elpannor och direktel, Sandberg och Overland, 2003). Det

kan emellertid finnas värmepumpar som inte anmälts till miljökontoret och bland sotarens uppgifter kan en del vedpannor även använda olja och el och en del oljepannor även drivas med el. Därför krävdes en omfattande bearbetning av uppgifterna (avsnitt 3.4). Vid beräkningar av värmebehov, el- och bränsleanvändning samt primärenergibehov användes verkningsgraderna i tabell 6.1.

Tabell 6.1 Använda verkningsgrader

Anläggning	Oljepanna	Direktel	Elpanna	Värmepump	Vedpanna	Pelletspanna	Fjärrvärme
Verkningsgrad	0,85	1,00	1,00	2,50	0,88	0,92	0,80 ¹

Från bränsle till levererad värme

Kartläggningen av nuvarande värmeförsörjning och värmebehov gjordes huvudsakligen på samma sätt för Köpmanholmen i Örnsköldsviks kommun (kapitel 7).

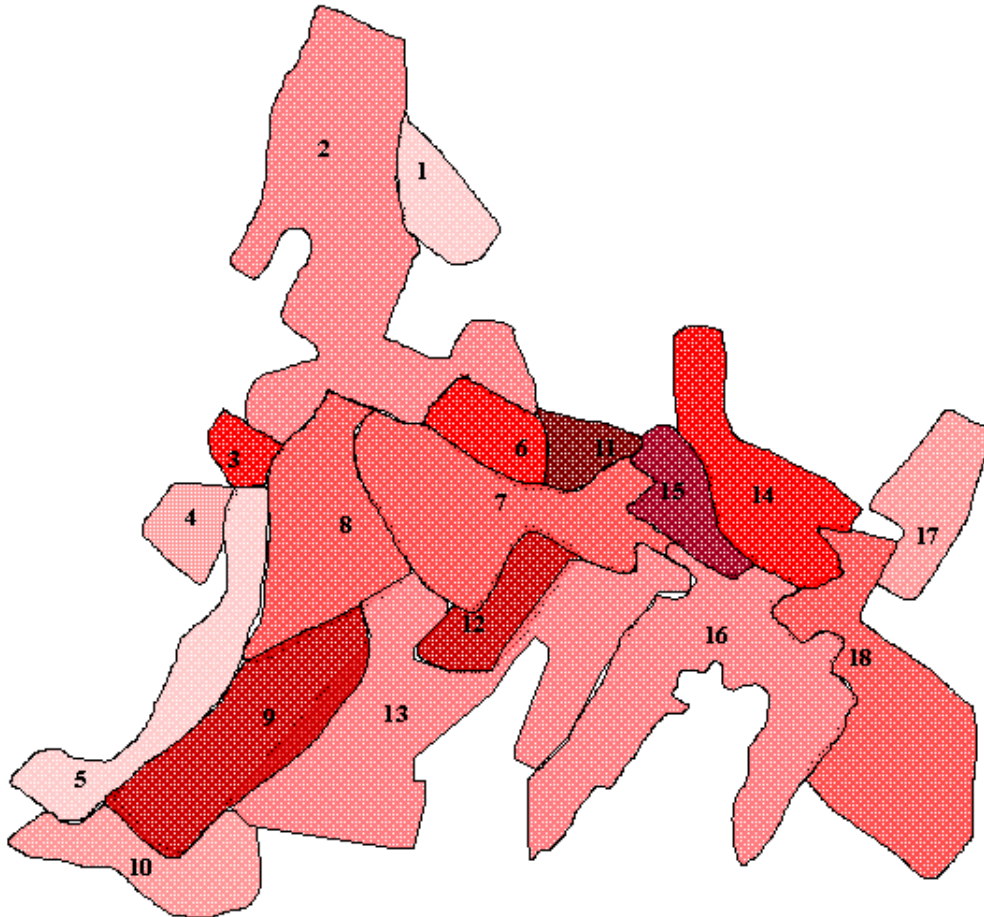
6.2 Förutsättningsanalys – Nuläge

Dalsjöfors delades in i ortsdelar efter bebyggelsens typ och ålder enligt en tidigare genomförd ortsanalys (tabell 6.2, figur 6.1, Klingström, 2005). Med verksamhet i tabellen menas lokaler som skolor och affärer.

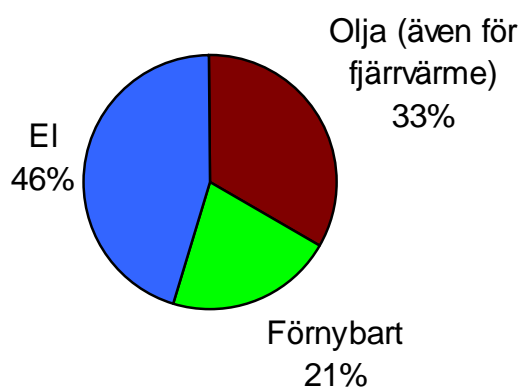
Tabell 6.2 Indelning av Dalsjöfors i ortsdelar. Jämför med figur 6.1

Område nr	Typ av bebyggelse	Genomsnittligt byggnadsår	Yta hektar	Värmetäthet kWh/m ² ,år
1	industri	Före 1940	4,1	6,9
2	småhus	Före 1940	35	10
3	verksamhet	1950	2,1	19
4	småhus	1990	3,4	8,0
5	industri	1970	12	4,4
6	flerbostadshus, verksamhet	1970	4,8	22
7	småhus	1950	20	12
8	småhus	1970	15	11
9	verksamhet	1970	17	25
10	småhus	1990	8,9	9,5
11	industri	Före 1940	3,8	90
12	flerbostadshus	1970	6,2	30
13	småhus	1970	33	11
14	småhus	1970	13	15
15	flerbostadshus	1970	3,9	58
16	småhus	Före 1940	25	11
17	småhus	Före 1940	5,8	9,0
18	småhus	1990	20	11

För varje område beräknades värmebehov och uppvärmningsätt. Figur 6.1 illustrerar värmetheten (d v s värmebehov per markyta) för de olika delarna av Dalsjöfors. Ju mörkare område, ju högre är värmetheten. Den stäcker sig från 4 kWh/m²,år i det glesa industriområdet nr 5 till 90 kWh/m²,år för ortens största industri i område 11. I genomsnitt är värmetheten 14 kWh/m²,år.

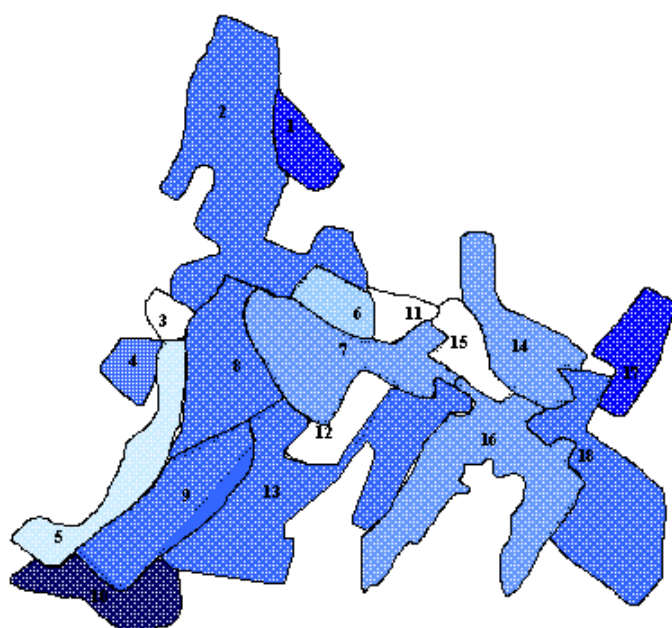


Figur 6.1 Värmethet i Dalsjöfors utanför Borås (kWh värmebehov per m² markyta och år). Se tabell 6.2



Figur 6.2 Nuvarande fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehoven i Dalsjöfors

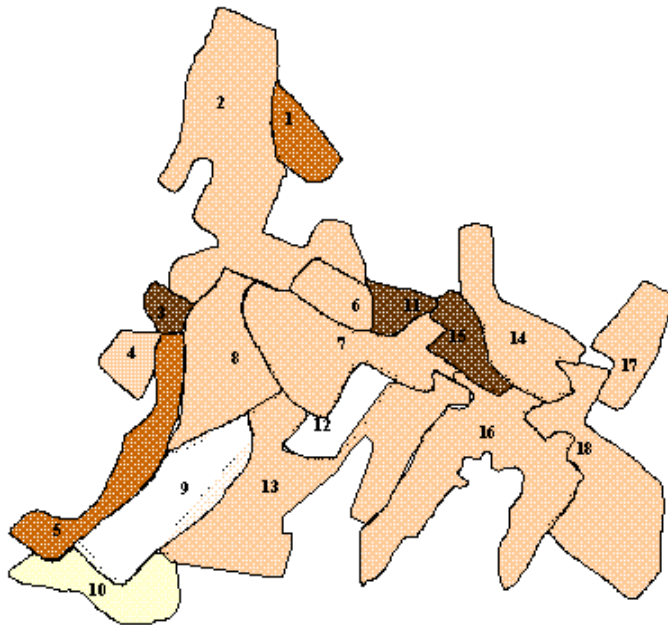
Figur 6.2 visar att el nu är den mest använda energibäraren för att täcka värmebehoven i Dalsjöfors. Elen används främst i direktverkande element men även i värmepumpar och elpannor. Endast ett par procent av oljan används för fjärrvärmeproduktion. Det förnybara är i första hand träbränsle som producerar fjärrvärme men även lite pellets och ved.



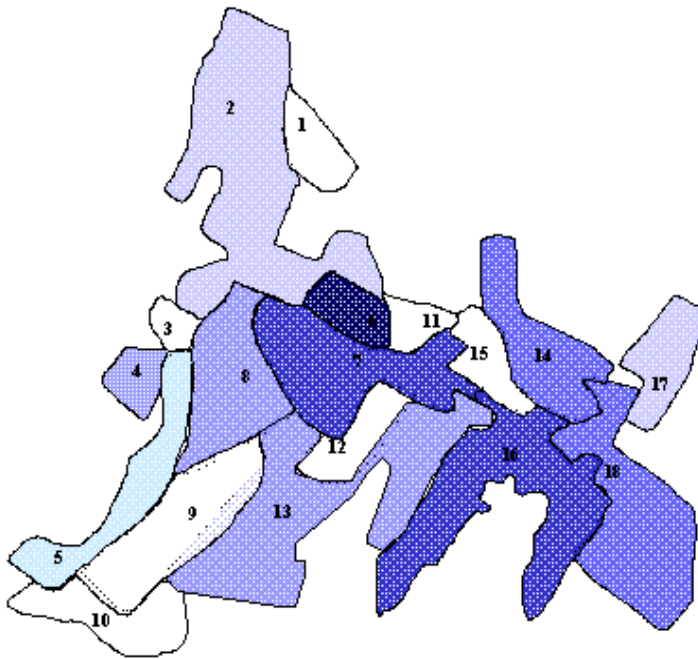
Figur 6.3 Uppskattad andel av värmebehovet i Dalsjöfors som nu täcks av direkt elvärme (0-80%)

Figur 6.3-6.5 visar hur stor andel av värmebehovet som täcks av direkt elvärme, olja respektive värmepumpar i olika områden. Mest direkt elvärme finns i villaområdet längst i söder som är byggt på 1980-talet (område 10). I en skola står olja för all värmeproduktion (område 3) och i ortens största industri och flerbostadshusområdet bredvid (område 11, 15) nästan all värmeproduktion. Andelen värmepumpar är störst i centrum (område 6) där fjärrvärme skulle kunna

vara lämpligt eftersom det är många större hus och relativt hög värmätäthet (tabell 6.2). I tabell 6.3 visas vilken värmekälla som nu beräknas täcka störst andel av värmebehovet i de olika ortsdelarna. Direkt elvärme är den mest spridda uppvärmningsformen och är den vanligaste värmekällan i tio av de arton områdena. Olja står för mest värmeförsel i fem ortsdelar, fjärrvärme i två och elpanna i ett område. I områden där två värmekällor anges är värmeproduktionen ganska jämnt fördelad mellan dessa.



Figur 6.4 Uppskattad andel av värmebehovet i Dalsjöfors som nu täcks av olja (0-100%)

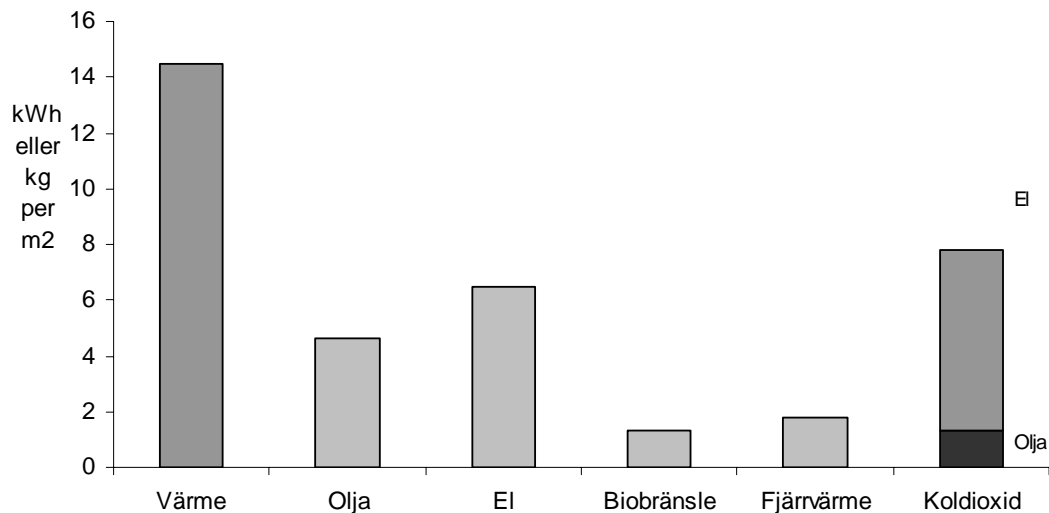


Figur 6.5 Andel av värmebehovet i Dalsjöfors som nu täcks av värmepumpar (0-35%)

Tabell 6.3 Värmekällor som beräknas täcka störst andel av värmebehovet i olika delar av Dalsjöfors idag

Område	Vanligaste värmekälla
1	Olja, direktel
2	Direktel
3	Olja
4	Direktel
5	Olja, elpanna
6	Elpanna, värmepump
7	Direktel, värmepump
8	Direktel
9	Fjärrvärme, direktel
10	Direktel
11	Olja
12	Fjärrvärme
13, 14	Direktel
15	Olja
16	Direktel, värmepump
17, 18	Direktel

Figur 6.6 visar dagens värmebehov, användning av energibärare och koldioxidutsläpp orsakade av värmebehovet i Dalsjöfors utslaget på ortens yta. Dessa tätheter skulle också kunna redovisas på kartor liknande figur 6.3-6.5 med användningen av olja, ved, pellets, fjärrvärme, el (värmepump, elpanna, direktel) (kWh/m² mark,år) och CO₂-utsläppen (kg/m² mark,år). De senare anges då lämpligen inklusive utsläpp p g a el från kolkondenskraftverk eftersom det annars bara är samma skala som för olja.



Figur 6.6 Nuvarande värme-, energibärar- och utsläppstäthet i Dalsjöfors

6.3 Scenarieförutsättningar

För samhället Dalsjöfors utvecklades tre scenarier för att illustrera olika energilösningar:

- A. Lågenergi och el
lågt värmebehov, mest elvärme och solvärme
- B. Medelväg med pellets
mycket träpellets, medelhögt värmebehov och mellanstort solvärmeutnyttjande
- C. Fjärrvärmemax
nuvarande värmebehov och maximal fjärrvärmeanslutning

Nivåer på energibehov och alternativ för energitillförsel har kombinerats på detta sätt dels för att ha översiktligt få scenarier och dels därför att ett lågt värmebehov skulle kunna tillgodoses med högkvalitativ el medan ett stort behov bör täckas av mer uthållig fjärrvärme. Låga värmebehov kan ofta också lättare motivera elvärme med lägre investeringskostnader medan höga värmebehov gör de större investeringarna i pannor eller fjärrvärmesystem mer fördelaktiga (avsnitt 2.9). Scenarierna omfattar bara befintlig bebyggelse.

Scenario A. Lågenergi och el:

- Maximal energieffektivisering
- Maximalt utnyttjande av solvärme
- Befintliga jord- och bergvärmepumpar samt ved- och pellets pannor kvar
- Befintlig fjärrvärme kvar
- Allt som nu har olje-, elpannor eller direktel täcks av luftvärmepumpar och elvärme.
- Pellets täcker en del värmebehov i industrier.

I scenario A minskar värmebehovet för uppvärmning och tappvarmvatten så mycket som bedöms vara möjligt för olika typer av byggnader. Det sker genom energieffektivisering i form av tilläggsisolering, byte av fönster och installation av ventilation med värmeåtervinning. Dessa åtgärder beräknas få ned värmebehovet till 90 kWh/m²,år för småhus och industrier, 80 kWh/m²,år för flerbostadshus och 70 kWh/m²,år för lokaler. Alla tak har solfångare som bidrar till att täcka dessa värmebehov. Det gör att 3,5 MWh värme kommer från solvärme per år i varje småhus (10 m² solfångare) och 1,1 MWh/år kommer från solvärme för varje lägenhet i flerbostadshus (Klasson, 2007). För varje lokal och industri antas solvärmeutbytet ligga mellan dessa två nivåer.

I småhus kan kombinationen av energieffektiviseringsåtgärder få ned värmebehovet för uppvärmning och tappvarmvatten till 90 kWh/m²,år för hus av alla åldrar. Kraftig tilläggsisolering av ytterväggar och vind samt byte till fönster av god energiteknisk standard skulle kunna minska uppvärmningsbehovet med 40-70 kWh/m²,år beroende på småhusens ålder (baserat på Rolfsman, 2003; Klasson, 2007). Att införa ventilationssystem med mekanisk till- och frånluft samt värmeåtervinning (avsnitt 2.1) i de småhus som saknar detta beräknas kunna minska det genomsnittliga uppvärmningsbehovet med ytterligare 20-50 kWh/m²,år. Effektiviseringsmöjligheterna för ventilation beräknades med hjälp av antalet småhus med olika ventilationstyper (SCB, 2006a) samt genom att värmebehovet för småhus (tabell 3.1) delades upp i transmissionsförluster (Rolfsman, 2003), energiåtgång för tappvarmvatten (Persson, 2002) och värmeförluster p g a ventilation.

I flerbostadshus kan tilläggsisolering och fönsterbyte minska uppvärmningsbehovet med 30-50 kWh/m²,år (baserat på Rolfsman, 2003; Klasson, 2007) och ventilation med värmeåtervinning uppskattas innebära en minskning om ytterligare 20-50 kWh/m²,år (80%-ig värmeåtervinning anses vara praktiskt möjlig, Rohdin, 2007), vilket tillsammans ger ett värmebehov för uppvärmning och tappvarmvatten om 80 kWh/m²,år.

För lokaler och industrier har försiktiga uppskattningar om möjligt framtida värmebehov på 70 respektive 90 kWh/m²,år gjorts. Lokaler borde, liksom idag (tabell 3.1), kunna ha ett lägre värmebehov än flerbostadshus bl a p g a den större mängden elektriska apparater som avger värme. Industrier borde kunna komma ned i samma genomsnittliga värmebehov som småhus med tanke på möjligheterna

att återvinna värme från tillverkningsprocesser och att minska ventilationen (jmf Henning, 2005; Henning och Palm, 2006).

För byggnader med känt värmebehov beräknas effektiviseringsåtgärderna minska behovet med lika stor andel som värmebehovet i genomsnittliga hus (avsnitt 3.5) minskar då det sänks till de nivåer som anges här (t ex 57% minskning för gamla småhus från 207, tabell 3.1, till 90 kWh/m²,år).

Scenario B. Medelväg med pellets:

- Halv energieffektivisering
- Halvt utnyttjande av solvärme
- Befintlig fjärrvärme kvar
- Hälften av direktelvärmerna är kvar men kompletteras med luftvärmepumpar och pelletskaminer.
- Andelen pelletspannor fördubblas till 50-75% och ersätter delvis direktel, jord- och bergvärmepumpar samt olje-, el- och vedpannor.

I scenario B ersätter träpellets det mesta av elen och oljan som används för värmeproduktion. I hälften av byggnaderna görs effektiviseringsåtgärder och installeras solvärme i samma utsträckning som för husen i scenario A. Alternativt kan man se det som att värmebehovet för alla hus minskas hälften så mycket och att alla har hälften så stora solfångare som i fall A. Pellets pannorna täcker ett dubbelt så stort värmebehov som idag i varje område men minst 50 % och högst 75 % av värmebehovet i området.

Scenario C. Fjärrvärmemax

- Ingen energieffektivisering
- Ingen solvärme
- 1/4 av direktelvärmerna är kvar men kompletteras med luftvärmepumpar och pelletskaminer.
- Pellets täcker en del värmebehov i industrier där fjärrvärmerna inte har tillräckligt hög temperatur.
- Fjärrvärme täcker allt annat.

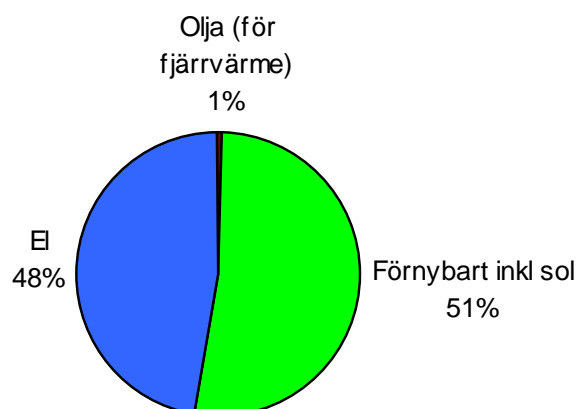
I scenario C täcker fjärrvärme alla värmebehov utom en liten del som täcks av elvärme och pellets. Fem procent av fjärrvärmerna antas produceras med olja (under de kallaste vinterdagarna) och resten med biobränsle.

Man kan förstås ha lågenergihus med fjärrvärme men med lågt värmebehov kan det löna sig sämre med ett fjärrvärmesystem. Se avsnitt 2.9. Likadana scenarier utarbetades för Köpmanholmen i Örnsköldsviks kommun (avsnitt 7.3).

6.4 Resultat

Här redovisas energitillförseln i de tre scenarierna som avslutas med en jämförelse mellan primärenergianvändning och CO₂-utsläpp för de tre fallen.

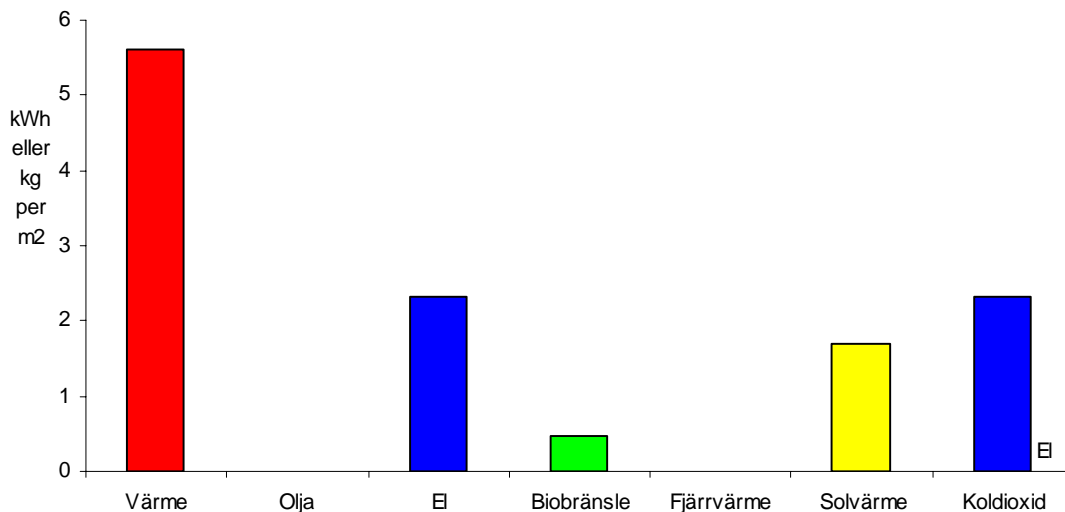
6.4.1 Scenario A. Lågenergi och el



Figur 6.7 Fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehoven i Dalsjöfors i scenario A

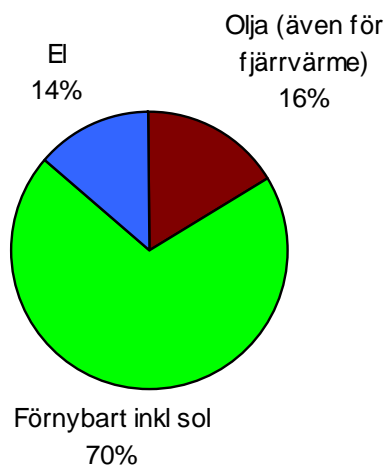
Figur 6.7 visar att värmebehoven i scenario A skulle täckas till ungefär hälften vardera av el och förnybar energi. Lite olja används för fjärrvärmeproduktion för att täcka det stora värmebehovet under de kallaste vinterdagarna. Elen används för luftvärmepumpar, direkt elvärme och bergvärmepumpar. Solvärme står för drygt hälften av den förnybara energitillförseln och resten består av biobränsle i fjärrvärmepannan, pellets och ved. Att solfångare på byggnaderna kan täcka en så stor del av värmebehovet beror på att behovet bara är hälften så stort som idag tack vare tilläggisolerering, byte av fönster och installation av värmeåtervinning ur ventilationsluften.

Figur 6.8 visar värmebehovet, användningen av el och biobränsle, tillskottet från solvärme och CO₂-utsläppen per kvadratmeter markyta i område 10 i Dalsjöfors (figur 6.1) där 80% av värmebehovet nu täcks av direktel. Värmebehovet är här 40% lägre än idag på grund av effektiviseringsåtgärder.



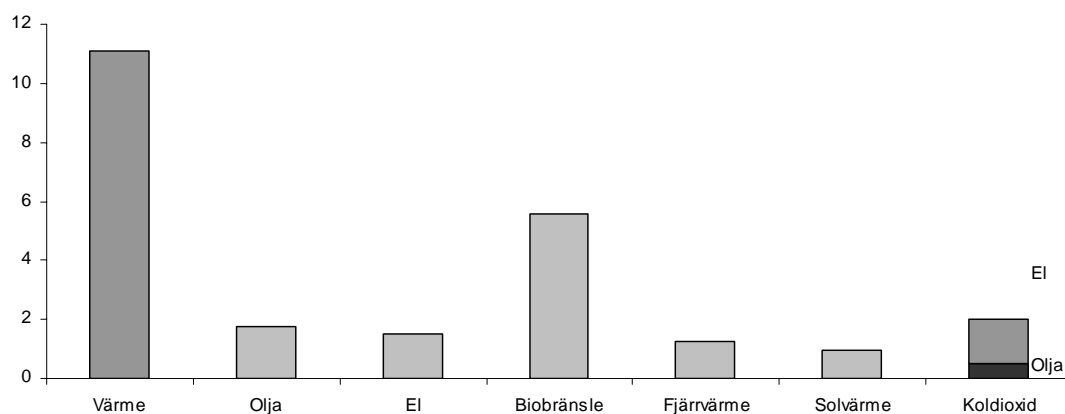
Figur 6.8 Värme-, energibärar- och utsläppstäthet i område 10 i Dalsjöfors i scenario A (kWh/m² mark,år)

6.4.2 Scenario B. Medelväg med pellets



Figur 6.9 Fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehov i Dalsjöfors i scenario B

Figur 6.9 visar hur förnybar energi helt skulle dominera värmeförsörjningen vid en massiv konvertering till pellets. Elen används till elpannor, direkt elvärme, luftvärmepumpar och bergvärmepumpar. Oljan eldas till allra största delen i de enskilda oljepannor som finns kvar. Pellets utgör 70% av det förnybara. Det övriga är träflis som ger fjärrvärme, solvärme och lite ved i de befintliga vedpannor som inte ersatts av pelletspannor.

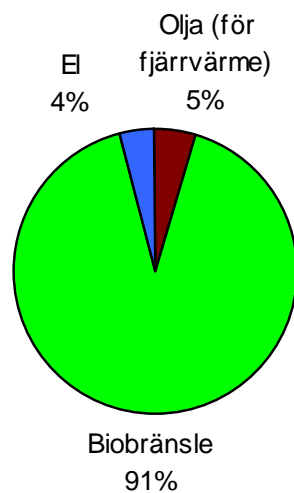


Figur 6.10 Värmebehovs- och energibärartäthet (kWh/m² mark, år) och utsläppstäthet för CO₂ (kg/m² mark, år) i Dalsjöfors i scenario B

Figur 6.10 visar scenario B för hela Dalsjöfors. Energi och utsläpp är relaterade till markyta vilket kan vara användbart för fysisk planering. Staplarna representerar tätheten för värmebehovet, använda energibärare (el, bränslen, fjärrvärme) för att täcka värmebehovet, bidrag från solvärme och CO₂-utsläppen som energibärarna orsakar. De totala mängderna (av t ex el) har delats med samhällets yta för att få fram tätheten. Hälften av husen har solfångare och har gjort omfattande effektiviseringsåtgärder. Effektiviseringen har minskat värmebehovet i Dalsjöfors med nästan en fjärdedel. De flesta hus som nu använder el eller olja för uppvärmning och tappvarmvatten har här installerat pelletspannor. CO₂-utsläppen orsakade av elanvändning kommer från utländska kolkondenskraftverk vars drift påverkas av elförbrukningen i Dalsjöfors p g a samspelet på den europeiska elmarknaden (kapitel 2).

6.4.3 Scenario C. Fjärrvärmemax

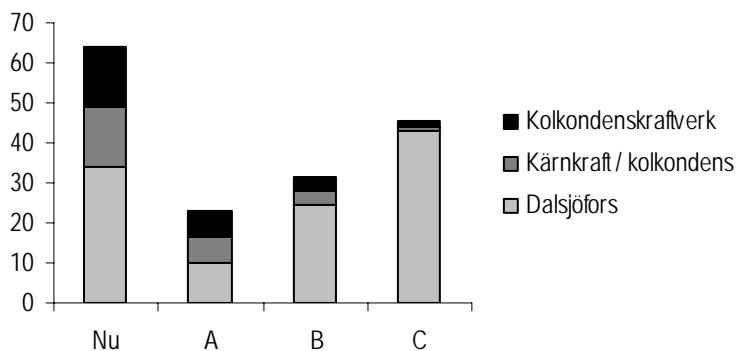
I detta scenario skulle fjärrvärmen täcka 90% av värmebehoven i Dalsjöfors. Övrig värmeproduktion sker med pellets, direkt elvärme och luftvärmepumpar dels i de hus som inte konverterats från direktel, dels för industriprocesser där pellets krävs för att ge tillgänglig temperatur. All olja i figur 6.11 används för att producera fjärrvärme under de kallaste vinterdagarna. I detta scenario genomförs inga effektiviseringsåtgärder och värmebehovet är lika stort som idag.



Figur 6.11 Fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehoven i Dalsjöfors i scenario C

6.4.4 Jämförelse mellan scenarier

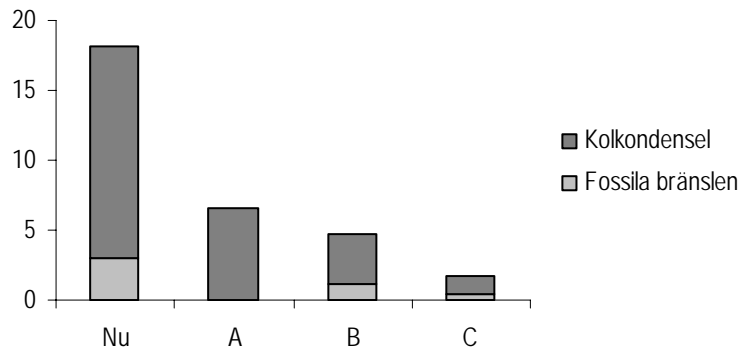
Figur 6.12 och 6.13 visar primärenergi och CO₂-utsläpp (se kapitel 2) nu och för de tre scenarierna i Dalsjöfors. Primärenergi används vid bränsleförbränning och elförbrukning i Dalsjöfors. Om elen anses vara av svenskt ursprung måste man lägga till den primärenergi som spillas som värme i havet vid kärnkraftverken (för hälften av den svenska elmixen) för att få med hela primärenergianvändningen. Om elen ses som europeisk har all el förorsakat förluster i koleldade kondenskraftverk och primärenergianvändningen motsvarar hela staplarna i figur 6.12.



Figur 6.12 Årlig primärenergianvändning (gigawattimmar, GWh) för att täcka värmebehoven i Dalsjöfors nu och i tre framtidsscenarier

Figur 6.13 visar CO₂-utsläppen p g a lokal oljeeldning samt från kolkondenskraftverk som antas behöva vara i drift för att leverera el till Dalsjöfors. Primärenergi och CO₂-utsläpp är lägre än idag för alla scenarier oavsett elens ursprung men scenario A som har lägst primärenergibehov tack vare omfattande energieffektivisering och solvärme har de högsta CO₂-utsläppen om samspelet på den europeiska elmarknaden beaktas. För C, där fjärrvärme

producerad med bibränsle dominerar energitillförseln, är det tvärtom (mycket primäre energi och lite utsläpp) och B intar ett mellanläge för både primäre energi och CO₂-utsläpp.



Figur 6.13 Årlig CO₂ utsläpp (tusentals ton, kton) för att täcka värmebehoven i Dalsjöfors nu och i tre framtidsscenarioer

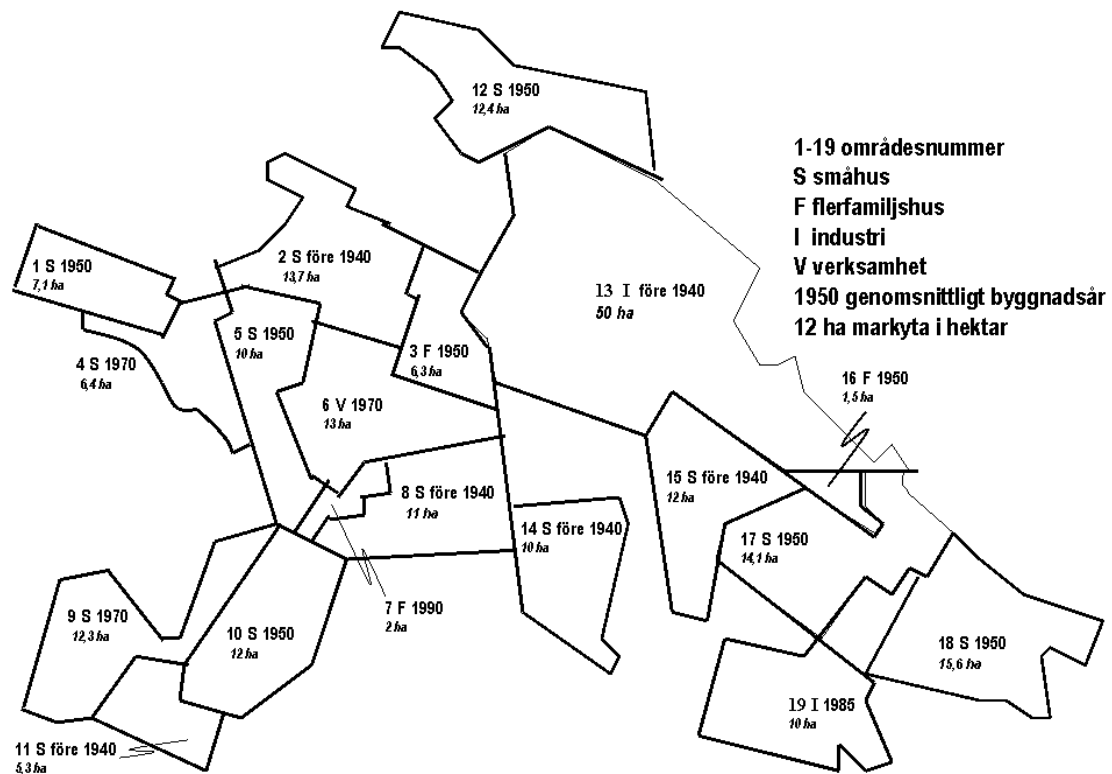
Vid ett seminarium i Dalsjöfors diskuterades hur möjligt och önskvärt det skulle vara att förverkliga de olika scenarierna i de tidigare utvecklade framtidsbilderna för planförslaget över samhället (kapitel 1, Ranhagen, 2006, 2008). Det betonades att fastighetsägare som ämnar behålla sina hus i många år är mer benägna att vidtaga åtgärder. Tilläggsisolering o dyl bör göras på byggnader som är i behov av renovering, vilka är mer vanliga i områden av viss ålder. Kostnaderna för effektivisering och konvertering skulle kunna minskas genom gemensamma inköp av exempelvis pellets eller samordnade installationer av ny ventilationsutrustning.

7 Örnsköldsvik

Örnsköldsviks kommun har över 55 000 invånare på en yta av drygt 68 kvadratmil. En tidigare rapport inom programmet Uthållig kommun belyste dels energihushållning i industrier och dels teknisk, ekonomisk och organisatorisk samverkan mellan kommunen, dess energibolag och privata industrier för att åstadkomma gemensamma energilösningar som kraftvärmeverk och etanolproduktion (Henning m fl, 2004). Omfattande effektivisering och konvertering hos tolv mindre och medelstora industrier skulle kunna minska deras elförbrukning med nära 60% och deras energianvändning med 30%. En teknisk-ekonomisk energisystemoptimering visade att det är fördelaktigt att bygga ett biobränsleeldat kraftvärmeverk som producerar både fjärrvärme och ånga som levereras till industrier och som gör att mycket el kan genereras (Henning m fl, 2004; Danestig och Henning, 2004). Henning m fl (2004) konstaterade också att energibolaget är en professionell resurs samt att pilotanläggningen för etanolframställning ur cellulosa har förverkligats genom en sektorsövergripande samverkan mellan en rad privata och offentliga aktörer.

I Örnsköldsviks kommun utvecklas en fördjupad översiktsplan för samhället Köpmanholmen (Ranhagen, 2008) som ligger omkring 25 km från staden Örnsköldsvik och har knappt 1 300 invånare, varav de flesta bor i småhus och arbetar på annan ort. Ett pappersmassabruk lades ned i början av 1980-talet. De förfallna resterna av fabriken har nyligen rivits och marken har sanerats vilket har ökat den lokala optimismen om utvecklingsmöjligheter. En nybyggd kaj ska bli användas för att ta emot träbränsle till det nya kraftvärmeverket inne i Örnsköldsvik. Representanter för det lokala energibolaget Övik Energi har varit mycket aktiva i planeringsprocessen. Övik Energi har efter studiens genomförande beslutat etablera en mindre produktionsanläggning för fjärrvärme på industriområdet som i en första etapp ansluts till skolan. Fastigheter i närheten av fjärrvärmeledningen kommer också att erbjudas anslutning. Den slutliga omfattningen på fjärrvärmenätet är osäker eftersom värmtätheten är relativt låg i delar av samhället

Kartläggningen av nuvarande värmeförsel och värmebehov gjordes huvudsakligen på samma sätt som för Dalsjöfors utanför Borås (avsnitt 6.1) men uppgifter om många byggnaders typ, uppvärmningssätt och energibehov kunde hämtas från en tidigare fastighetsinventering och byggnadernas ålder erhöles från kommunens GIS-kartor. Mycket information erhöles från Övikshem (Näslund, 2006). De större industrierna gav kortfattade upplysningar om sina värmebehov (Norac Andos, Bjästa plast, Bjästa återvinning, SWT production).

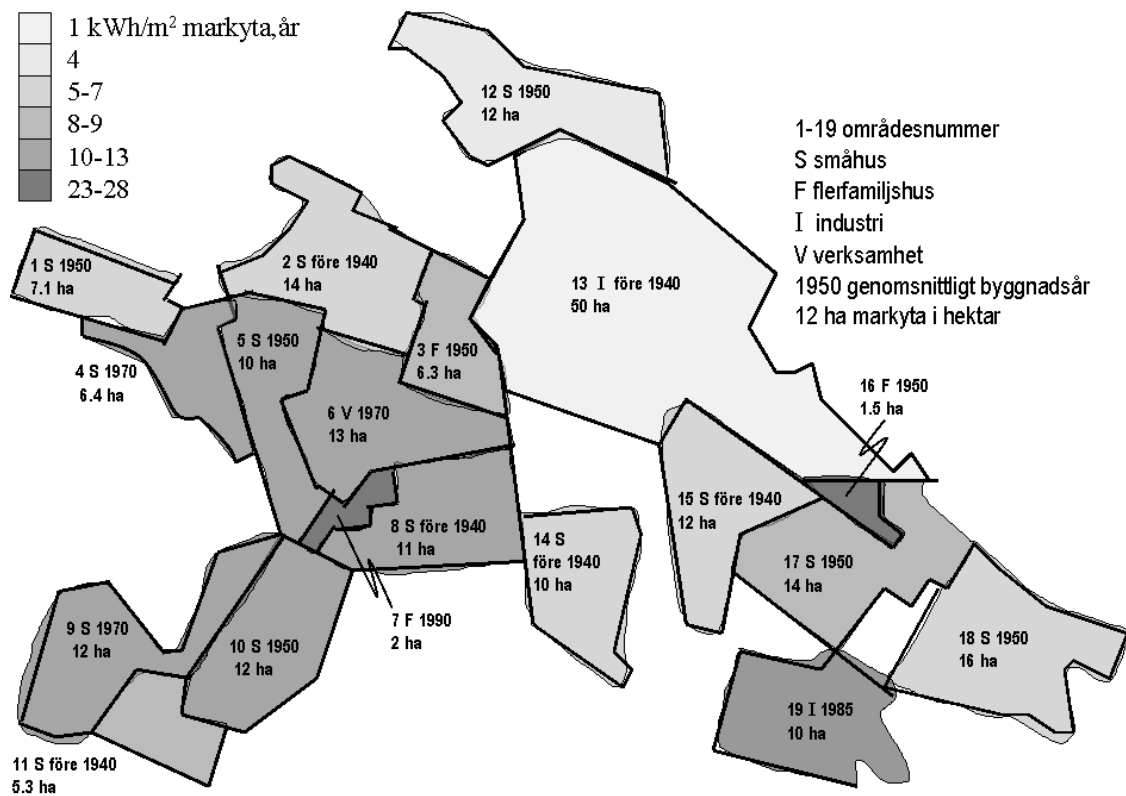


Figur 7.1 Köpmanholmen utanför Örnsköldsvik indelat i ortsdelar

Figur 7.1 visar hur Köpmanholmen delats in i ortsdelar. Uppdelningen grundades på den indelning som gjordes vid det lokala seminariet hösten 2006 (avsnitt 3.1, Ranhagen, 2008) samt byggnadernas nybyggnadsår och användning. I varje område har husen liknande användning och ålder. Med verksamhet avses lokaler som skolor och affärer.

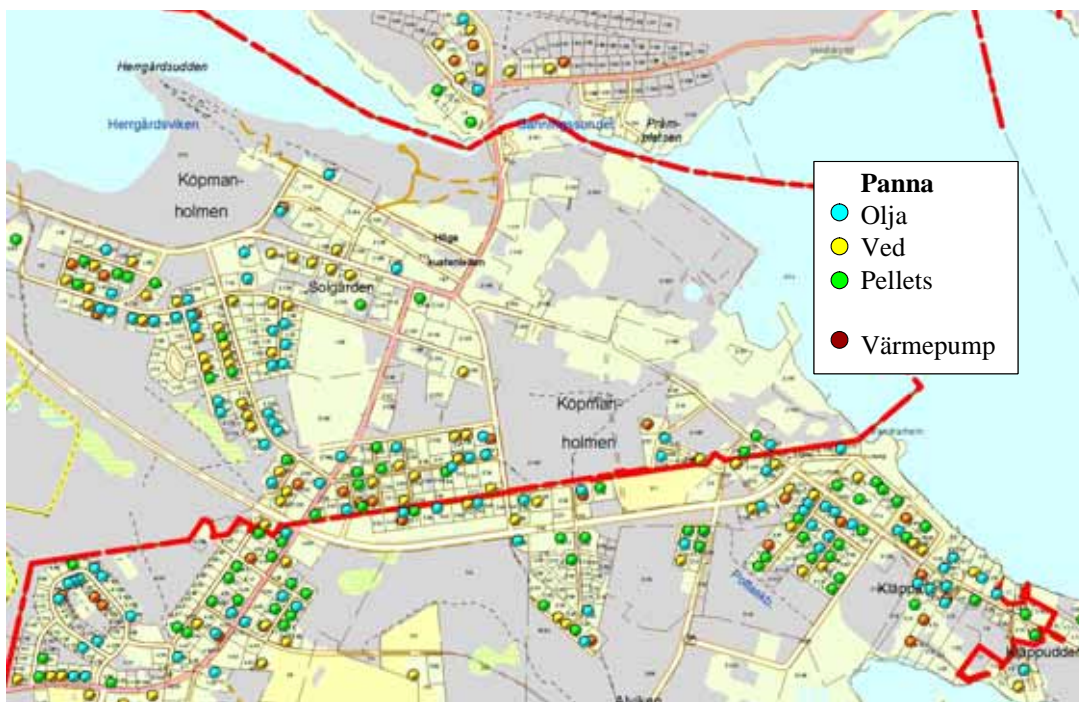
7.1 Förutsättningsanalys – Nuläge

För varje område beräknades värmebehov och uppvärmningssätt. I figur 7.2 visas värmetheten, d v s värmebehovet per kvadratmeter markyta i de olika delarna av Köpmanholmen. Det finns få områden med någorlunda hög värmethet. Värmetheten är högst i kvarteren där flerbostadshus står tätt intill varandra (område 7, 16). Gamla småhuskvarter är oftast mer glest bebyggda än nyare områden (t ex område 2 respektive 4). Det stora området där massafabriken tidigare stod hyser nu endast ett fåtal industrier (område 13).



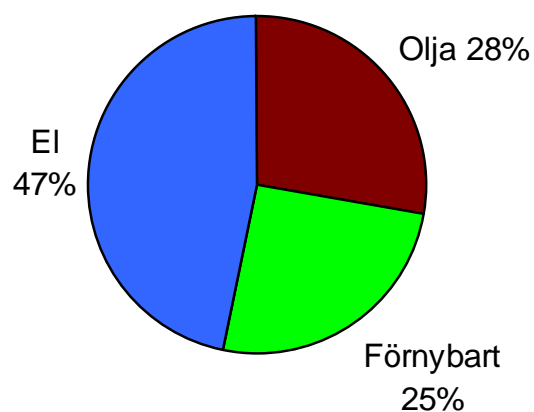
Figur 7.2 Värmetäthet i Köpmanholmen (kWh värmebehov per m² markyta och år)

Figur 7.3 visar Köpmanholmen på en karta från Örnsköldsviks kommuns GIS med olika pannor enligt uppgifter från sotaren samt värmepumpar som anmälts till miljökontoret. Det finns dock fler pannor och förmodligen även värmepumpar som inte är kända av dessa två källor. En del vedpannor kan även användas med olja och el och en del oljepannor kan även drivas med el. Dessutom finns rena elpannor som inte visas här.



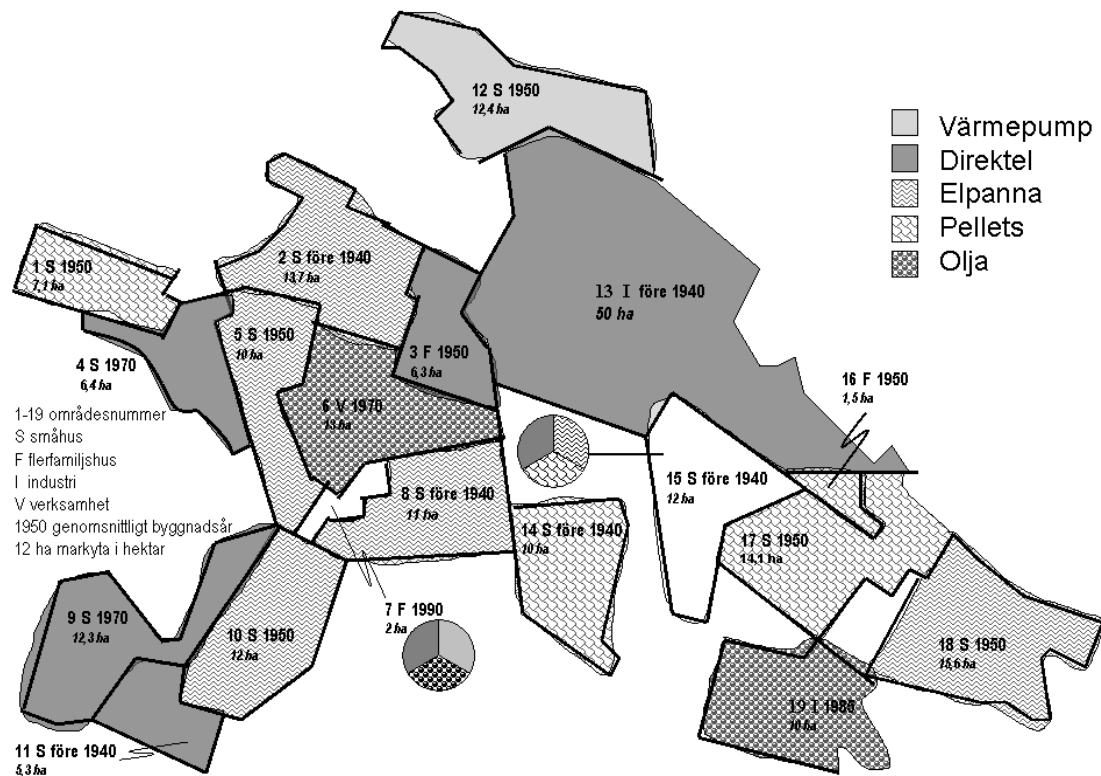
Figur 7.3 Pannor och värmepumpar i Köpmanholmen

I figur 7.4 visas att el nu är den mest använda energibäraren för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen. Elen används i första hand i elpannor men även i direktverkande element och till en mindre del i värmepumpar. Det förnybara består av något mer pellets än ved.



Figur 7.4 Fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen i dag

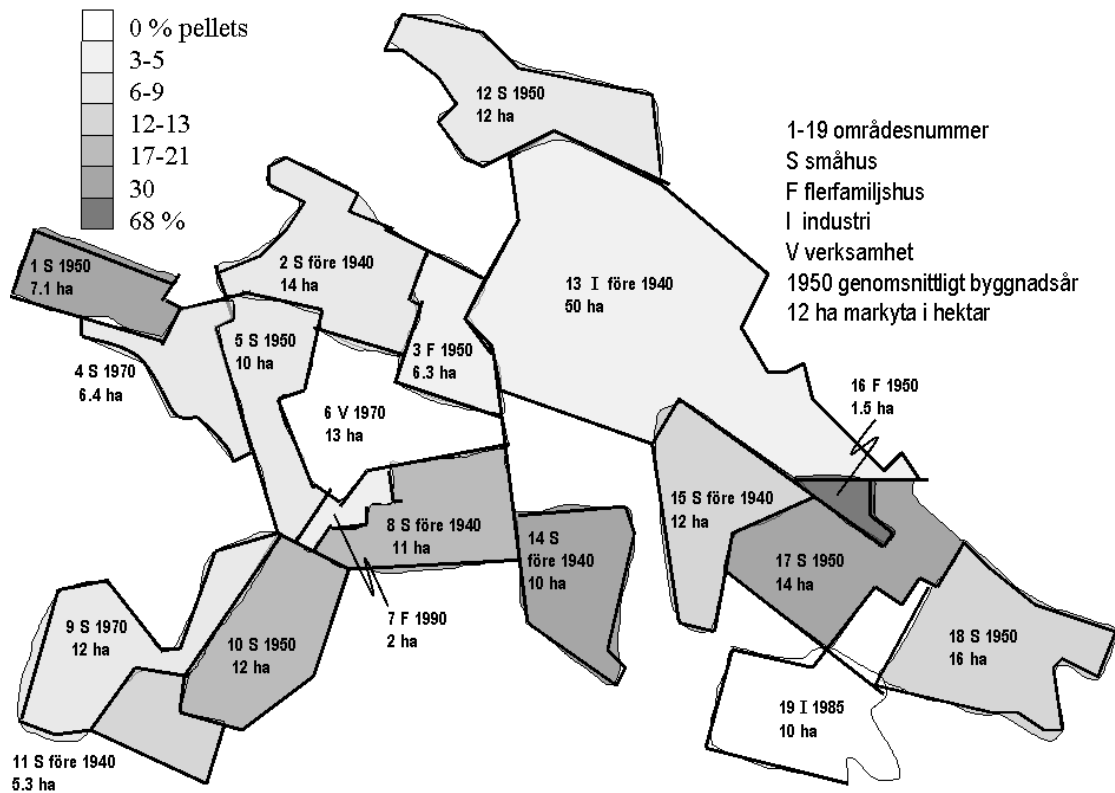
Figur 7.5 visar vilken uppvärmningsform som nu är vanligast i de olika delarna av Köpmanholmen. I område 7 och 15 är värmeproduktionen ganska jämnt fördelad mellan tre uppvärmningsformer. Område 7 är tätt bebyggt med flerfamiljshus och har hög värmtäthet och skulle passa bra som en bas för ett fjärrvärmesystem men där täcker nu värmepumpar en tredjedel av värmebehovet.



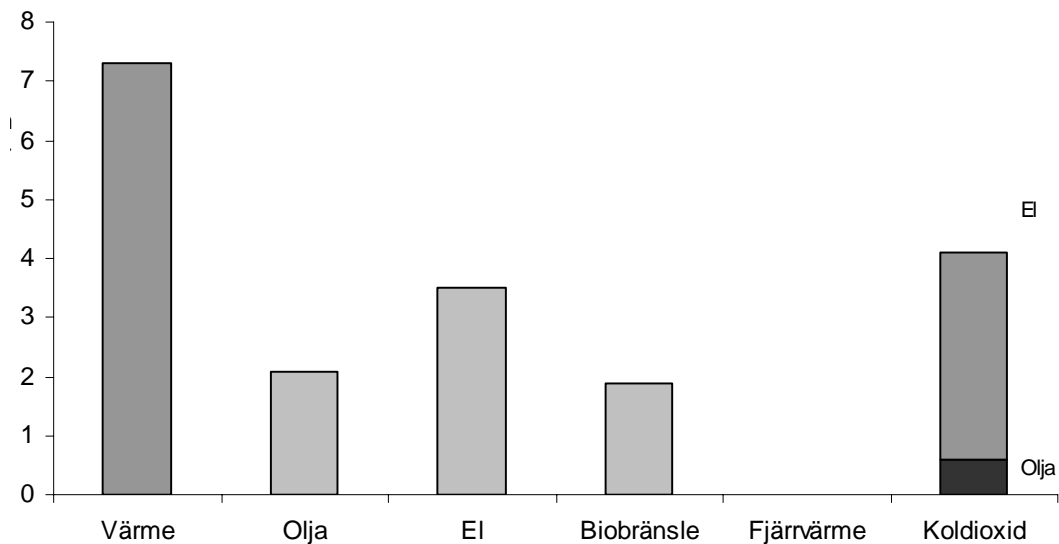
Figur 7.5 Vanligaste uppvärmningsform i olika delar av Köpmanholmen idag

Om man studerar i vilket område som en viss värmekälla är vanligast så står direkt elvärme för störst andel av värmeförseln i industrilokalerna i område 13. I det andra industriområdet (19) står olja för all värmeproduktion. Elpannor är vanligast bland villorna i område 5 där de täcker nästan halva värmebehovet. Värmepumpar står för störst andel av uppvärmningen endast i villaområdet 12 och mest ved eldas bland de äldre villorna i område 14. Flerbostadshusområdet 16 är sen kort tid tillbaka området med mest pellets, vilket också framgår av figur 7.6 som visar hur stor andel av värmebehovet som nu täcks av pellets i olika delar av Köpmanholmen.

Figur 7.7 visar dagens värmebehov, användning av energibärare samt koldioxidutsläpp orsakade av värmebehovet i Köpmanholmen utslaget på ortens yta. Energi och utsläpp är relaterade till markyta vilket kan vara användbart för fysisk planering. Staplarna representerar tätheten för värmebehovet, använda energibärare (el och bränslen) för att täcka värmebehovet och CO₂-utsläppen som energibärarna orsakar. De totala mängderna (av t ex el) har delats med samhällets yta för att få fram tätheten. Dessa tätheter skulle också kunna redovisas på kartor liknande figur 7.6 med användningen av olja, ved, pellets, el (värmepump, elpanna, direktel) (kWh/m² mark,år) och CO₂-utsläppen (kg/m² mark,år). De senare anges då lämpligen inklusive utsläpp p g a el från kolkondenskraftverk (avsnitt 2.4) eftersom det annars bara är samma skala som för olja.



Figur 7.6 Andel av värmebehovet som nu täcks av pellets i Köpmanholmen



Figur 7.7 Värme- och energibärartätthet (kWh/m², år) samt utsläppstäthet för koldioxid (kg/m², år) i Köpmanholmen idag

7.2 Scenarieförutsättningar

Tre scenarier utarbetades för energitillförsel och energihushållningsåtgärder:

- A. Lågenergi och el
lågt värmebehov p g a omfattande effektivisering, mest elvärme och solvärme
- B. Medelväg med pellets
mycket träpellets, medelhögt värmebehov och mellanstort solvärmeutnyttjande
- C. Fjärrvärmemax
nuvarande värmebehov och maximal fjärrvärmeanslutning

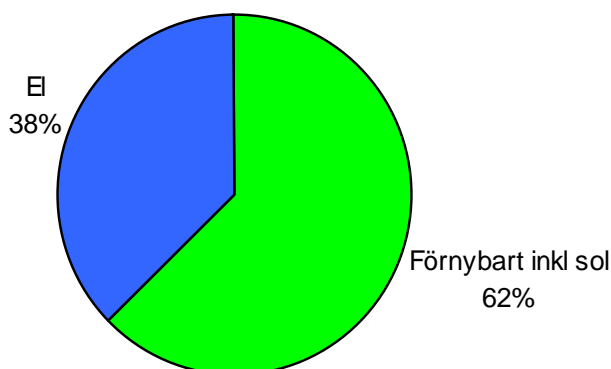
Motsvarande scenarier utarbetades för Dalsjöfors utanför Borås. För en närmare beskrivning av scenariet förutsättningarna se avsnitt 6.3. Scenarierna omfattar bara befintlig bebyggelse.

7.3 Resultat

Här följer en redovisning av energibehov och energitillförsel för de tre scenarierna som avslutas med en jämförelse mellan primärenergianvändning och CO₂-utsläpp för de tre fallen.

7.3.1 Scenatio A. Lågenergi och el

I scenario A dominerar de förnybara energikällorna värmeförseln (figur 7.8). Biobränsle och solvärme står för hälften var av den förnybara energin. Solvärmen kan täcka en så stor andel av värmebehovet tack vare att tilläggsisolering, fönsterbyte och installation av värmeåtervinning i ventilationen har halverat värmebehovet. Biobränslet utgörs till en mindre del av ved men till största delen av pellets. El används framför allt i luftvärmepumpar, delvis för direkt elvärme samt till en liten del i jord- och bergvärmepumpar.

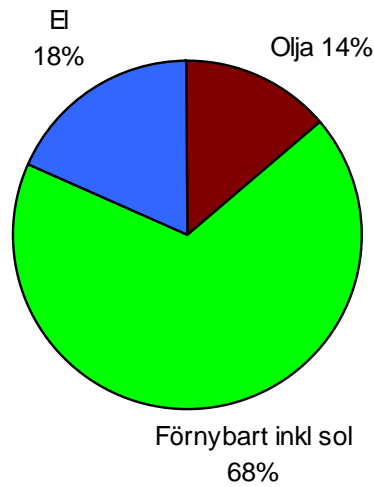


Figur 7.8 Fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen i scenario A

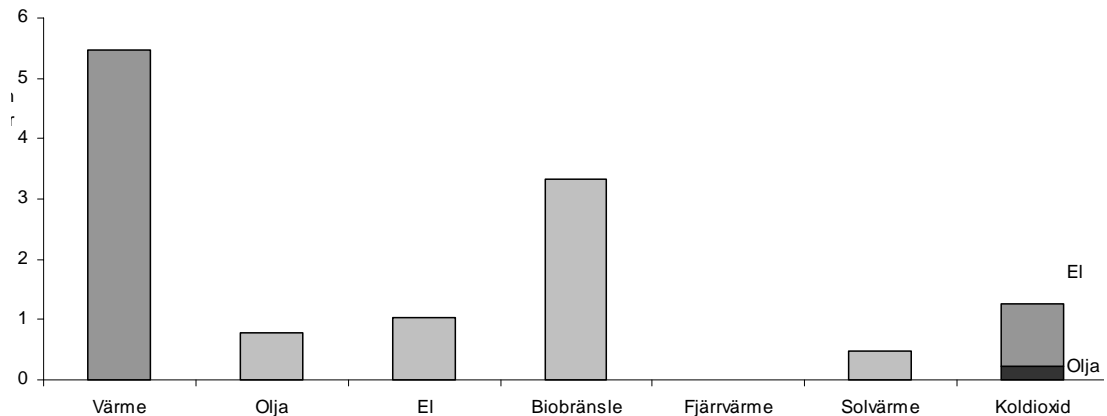
7.3.2 Scenario B. Medelväg med pellets

Efter den omfattande konvertering till pellets som antas ske i detta scenario står det bränslet för över hälften av värmeproduktionen i samhället. Det förnybara i figur 7.9 utgörs i övrigt av solvärme och ved. Elen förbrukas främst i elpannor

men även i direktverkande element samt luft-, jord- och bergvärmepumpar. Oljan eldas av de ägare till oljepannor som valt att inte konvertera till pellets.

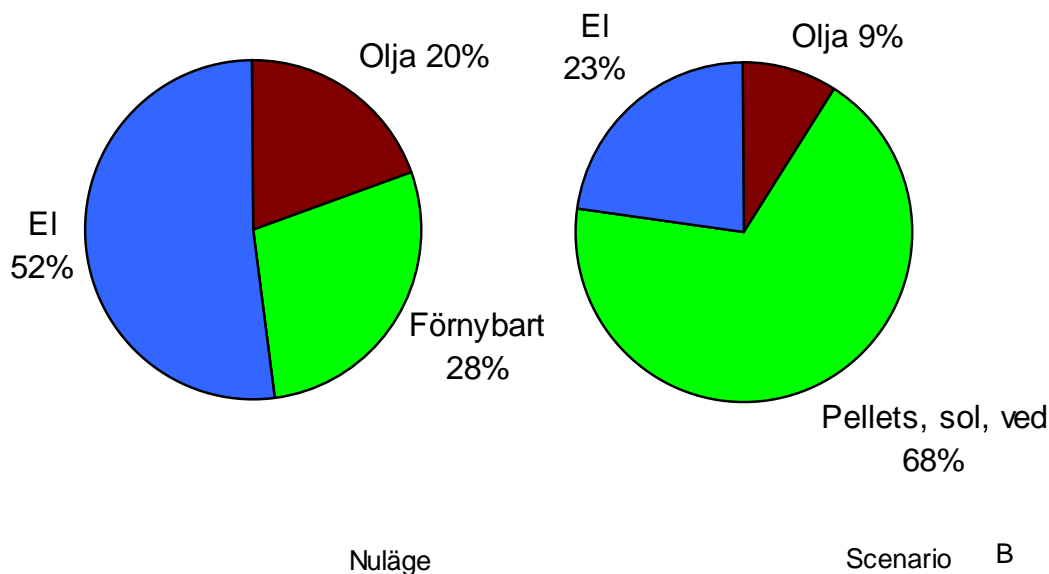


Figur 7.9 Fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen i scenario B



Figur 7.10 Täthet för värmebehov och värmeförsel (kWh/m² mark, år) och CO₂-utsläpp (kg/m² mark, år) i Köpmanholmen i scenario B

Figur 7.10 visar scenario B för hela Köpmanholmen. De totala energi- och utsläppsmängderna har delats med samhällets markyta för att få fram deras täthet. Staplarna representerar tätheten för värmebehovet, använda energibärare och CO₂-utsläppen. Hälften av husen har solfångare och har gjort omfattande effektiviseringsåtgärder. Effektiviseringen har minskat värmebehovet i Köpmanholmen med 25 %. De flesta hus som nu använder el eller olja för uppvärmning och tappvarmvatten har här installerat pellets pannor. CO₂-utsläppen orsakade av elanvändning kommer från utländska kolkondenskraftverk vars drift påverkas av elförbrukningen i Köpmanholmen p g a samspelet på den europeiska elmarknaden (se kapitel 2).

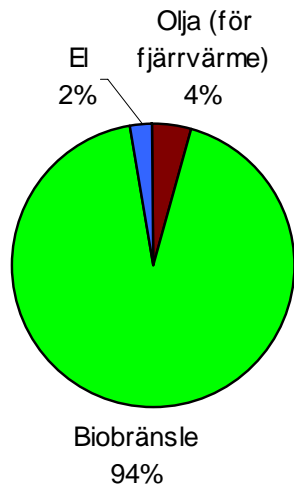


Figur 7.11 Fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehov i Köpmanholmen område 5 där över 40% av värmebehovet nu täcks av elpannor

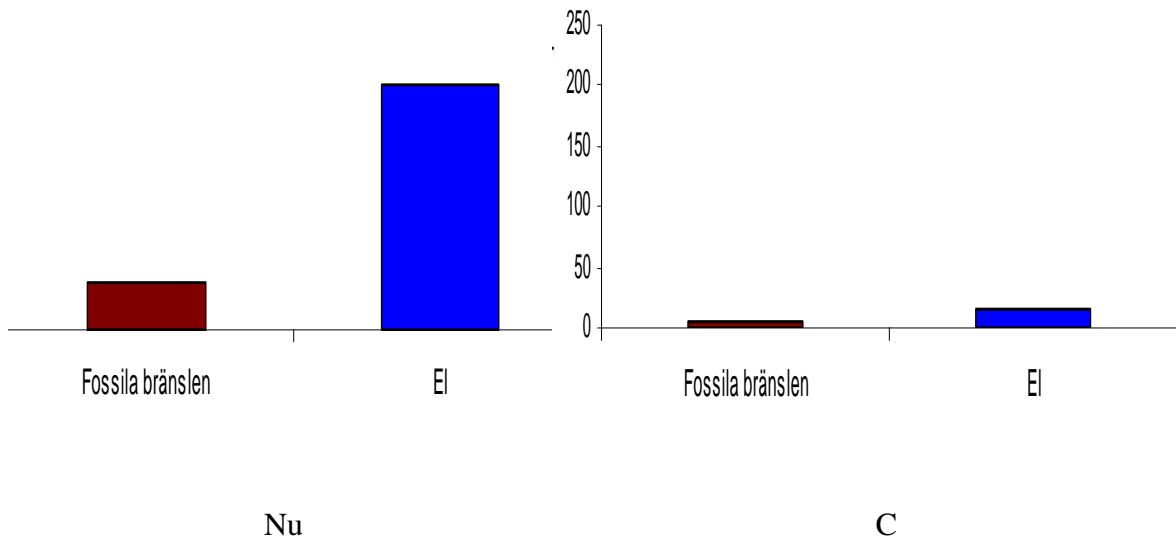
I småhusområdet 5 är idag elpanna den vanligaste uppvärmningsformen (figur 7.5) och elpannorna står för över 80% av den el som förbrukas för värmeproduktion i nuläget (figur 7.11). Resten står direkt elvärme och värmepumpar för. Den förnybara energi som används för närvarande utgörs framför allt av ved men även en mindre andel pellets. Efter en omfattande effektivisering och konvertering enligt scenario B skulle oljeförbrukningen ha halverats medan en del husägare har kvar nuvarande elvärmeformer. Det förnybara utgörs till två tredjedelar av pellets och resten av ungefär lika delar sol och ved bland villorna i område 5 enligt scenario B i figur 7.11.

7.3.3 Scenario C. Fjärrvärmemax

I scenario C byggs ett fjärrvärmenät som levererar värme för att täcka i stort sett alla värmebehov i Köpmanholmen. Inga effektiviseringsåtgärder har gjorts och värmebehovet är detsamma som idag. Fjärrvärmen produceras nästan uteslutande med biobränsle men biobränslepannans kapacitet antas inte räcka till för att täcka de stora värmebehoven under de kallaste vinterdagarna och olja eldas då i en separat oljepanna (figur 7.12). El används bara i hus med direkt elvärme som inte installerat vattenburet uppvärmningssystem men däremot nya luftvärmepumpar och pelletskaminer. Pellets används emellertid framförallt för att täcka värmebehov i industrier där fjärrvärmen inte har tillräckligt hög temperatur för att kunna användas för tillverkningsprocesserna.



Figur 7.12 Fördelning mellan energibärare för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen i scenario C

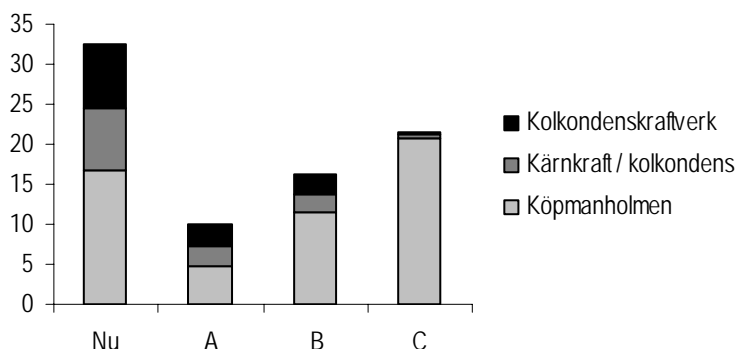


Figur 7.13 Koldioxidutsläpp för att täcka värmebehov nu och i scenario C (ton/år) för område 7 i Köpmanholmen

Figur 7.13 visar som ett exempel hur koldioxidutsläppen skulle minska drastiskt vid konvertering till fjärrvärme för område 7 med flerbostadshus där värmebehoven nu täcks till en tredjedel vardera av oljepannor, värmepumpar och direktverkande elvärme. Oljan orsakar utsläppen längst till vänster i figur 7.13 och elen till värmepumpar och element nästa stapel. Värmebehoven skulle i scenario C nästan helt tillgodoses med fjärrvärme som till en mycket liten del produceras med olja. Några hus med direktverkande el som inte konverterats men där luftvärmepumpar installerats ger upphov till utsläppen längst till höger i figur 7.13.

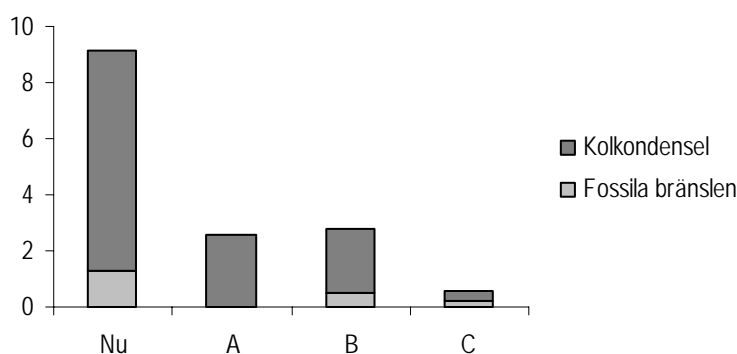
7.3.4 Jämförelse mellan scenarier

Figur 7.14 och 7.15 visar primärenergi och CO₂-utsläpp (se kapitel 2) nu och för de tre scenarierna i Köpmanholmen. Primärenergi används vid bränsleförbränning och elförbrukning i Köpmanholmen. Om elen anses vara av svenskt ursprung måste man lägga till den primärenergi som spills som värme i havet vid kärnkraftverken (för hälften av den svenska elmixen) för att få med hela primärenergianvändningen. Om elen ses som europeisk har all el förorsakat förluster i koleldade kondenskraftverk och primärenergianvändningen motsvarar hela staplarna i figur 7.14.



Figur 7.14 Årlig primärenergianvändning (gigawattimmar, GWh) lokalt och vid produktion för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen nu och i de tre scenarierna

Figur 7.15 visar CO₂-utsläppen dels p g a lokal oljeeldning och dels från kolkondenskraftverk som antas behöva vara i drift för att leverera el till Köpmanholmen. Både primärenergi och CO₂-utsläpp är lägre än idag för alla scenarier oavsett hur man ser på elen men scenario A som har lägst primärenergibehov tack vare omfattande energieffektivisering och solvärme har höga CO₂-utsläpp p g a hög elförbrukning, om samspelet på den europeiska elmarknaden beaktas. Scenario C, där fjärrvärme producerad med biobränsle dominerar energitillförseln, har lägst CO₂-utsläpp men högst primärenergianvändning eftersom inga effektiviseringsåtgärder genomförts. B intar ett mellanläge för primärenergi men har högst CO₂-utsläpp främst p g a kvarvarande elanvändning i elpannor men även direktverkande elvärme och oljepannor som inte konverterats till pellets. I Dalsjöfors i Borås (avsnitt 6.4.4) ligger CO₂-utsläppen för scenario B mellan scenario A och C men där finns redan ett fjärrvärmesystem som bidrar till låga utsläpp och en mindre andel av värmebehovet täcks av elpannor i utgångsläget.



Figur 7.15 Årlig CO₂-utsläpp (tusentals ton, kton) för att täcka värmebehoven i Köpmanholmen nu och i de tre scenarierna

Vid ett seminarium i Köpmanholmen diskuterades hur möjligt och önskvärt det skulle vara att förverkliga de olika scenarierna i de tidigare utvecklade framtidsbilderna för planförslaget över samhället (Ranhagen, 2008). Det konstaterades bl a att i områden av sådan ålder att många hus är i behov av renovering (t ex område 4, 9 i figur 7.1) kan det finnas större möjligheter genomföra effektiviseringsåtgärder som att byta fönster.

Köpmanholmen kan ses som exempel på en mindre blomstrande ort där huspriserna är låga och man kanske inte får igen investeringar i t ex bättre fönster om fastigheten säljs. Kostnaden för att installera en värmepumpsanläggning kan exempelvis motsvara hälften av värdet för ett småhus. Därför behöver investeringar i energieffektiviseringsåtgärder minska driftskostnaderna mer här än på andra orter för att få acceptabelt korta återbetalningstider.

För att förbättra förutsättningarna för att införa fjärrvärme föreslog seminariedeltagarna i Köpmanholmen att fler hus i första hand skulle byggas i de ganska täta områdena runt område 7 (figur 7.2) och i andra hand i mindre täta områden (t ex 1, 2) för en senare utbyggnad av fjärrvärmenätet. Nya områden med flerbostadshus bör byggas nära de nuvarande.

8 Ulricehamn

Ulricehamns kommun är utspridd över en 1200 kvadratkilometer stor yta med utbredd landsbygd, tolv mindre tätorter och centralorten Ulricehamns stad. Cirka 9000 av kommunens totalt 22000 invånare är bosatta i staden som också är i fokus för projektet Uthållig kommun Fysisk planering i denna rapport. Ulricehamns stad är en utpräglad småhusstad där majoriteten av bostäderna är småhus och en mindre andel är flerbostadshus. I Ulricehamn är en relativt stor del av den arbetande befolkningen sysselsatt inom industrisektorn. Mer än var femte förvärvsarbetande eller drygt 2 800 personer pendlar till arbete på annan ort (Växtplats Ulricehamn, 2002). Under de senaste åren har befolkningsutvecklingen varit försiktigt positiv.

Tidigare energistudier inom Ulricehamns kommun i projektet Uthållig kommun har inneburit bland annat att tre delstudier med analys av industriell energianvändning, studie av fjärrvärmeförsörjning och analys av lokal samverkan har genomförts (Bohlin m fl, 2004). Analyserna av tio mindre och medelstora industrier där energianvändningen för stöd- och produktionsprocesser studerats, visade att elanvändningen kan minskas med ca 50 % och att energianvändningen kan minskas med nära 40 %. Åtgärderna innebär bl.a. att elanvändningen effektiviseras, att elanvändningen reduceras då det inte sker någon tillverkning och att man konverterar från el till bränsle eller fjärrvärme i processer där el inte måste användas. En teknisk-ekonomisk optimering av fjärrvärmesystemet visade att den genomsnittliga värmeproduktionskostnaden skulle kunna minskas genom tilläggsisolering och andra åtgärder som minskar värmebehovet så att fjärrvärmenätets begränsade kapacitet utnyttjas bättre.

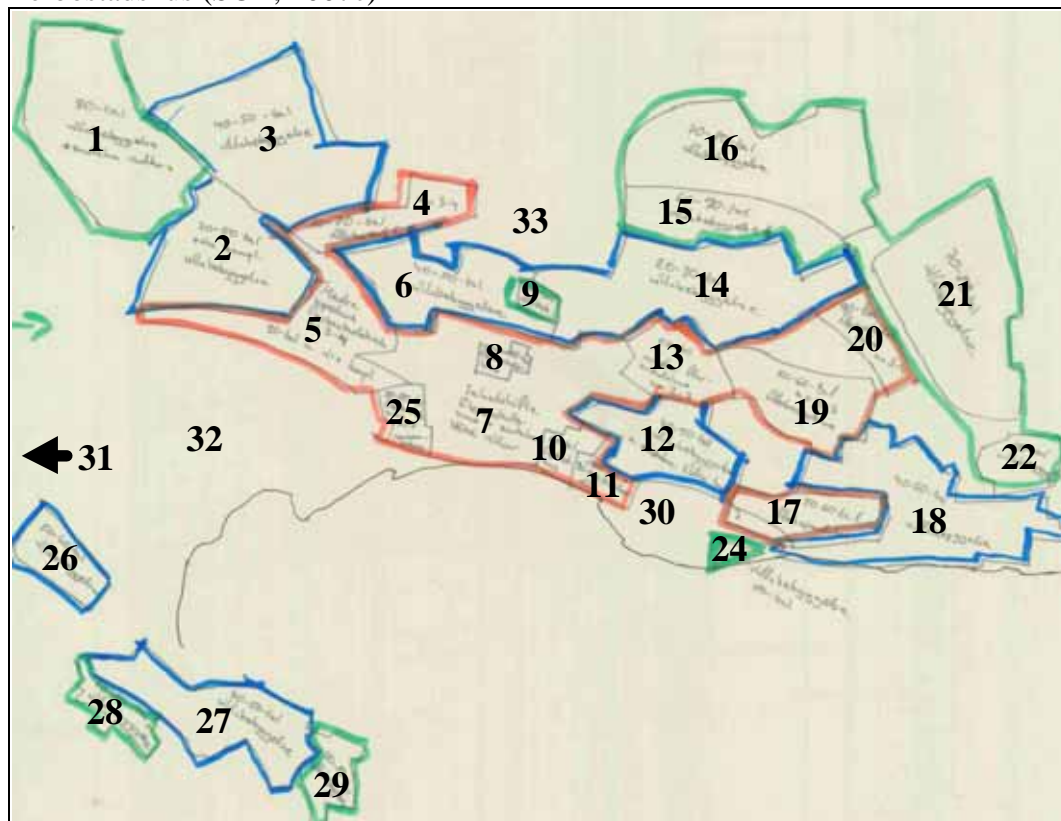
I delstudien om lokal samverkan presenterades sex olika exempel på samverkan som aktualiserats i Ulricehamn, där kommunen i någon form varit delaktig i samtliga. Delstudien visade bland annat på de begränsningar och möjligheter som de studerade formerna av samverkan medför i utvecklingen av ett lokalt energisystem.

Arbetet inom Uthållig kommun och fysisk planering har i Ulricehamn inneburit att en nulägesundersökning med geografisk koppling av uppvärmningen och tappvarmvattenanvändningen har genomförts. Vidare har scenarier tagits fram där olika alternativa förändringar jämförts.

8.1 Förutsättningsanalys - Nuläge

Hushållen i Ulricehamns kommun står för knappt 40 procent av den totala energianvändningen om inte transporter räknas med. Elenergi är det mest använda energislaget och täcker ca 50 procent av hushållens totala energibehov. Därefter kommer trädbränsle med ca 60 GWh, motsvarande 30 procent. Olja användes fortfarande år 2004 i större utsträckning än fjärrvärme. Att fjärrvärme har en

relativt liten andel av energianvändningen kan till viss del förklaras med att många av hushållen finns utanför tätorten Ulricehamns stad där ingen fjärrvärme finns. Fjärrvärme är också generellt mest förekommande i större fastigheter såsom flerbostadshus. I Ulricehamn finns mer än 7000 småhus och drygt 3000 bostäder i flerbostadshus (SCB, 2007c)

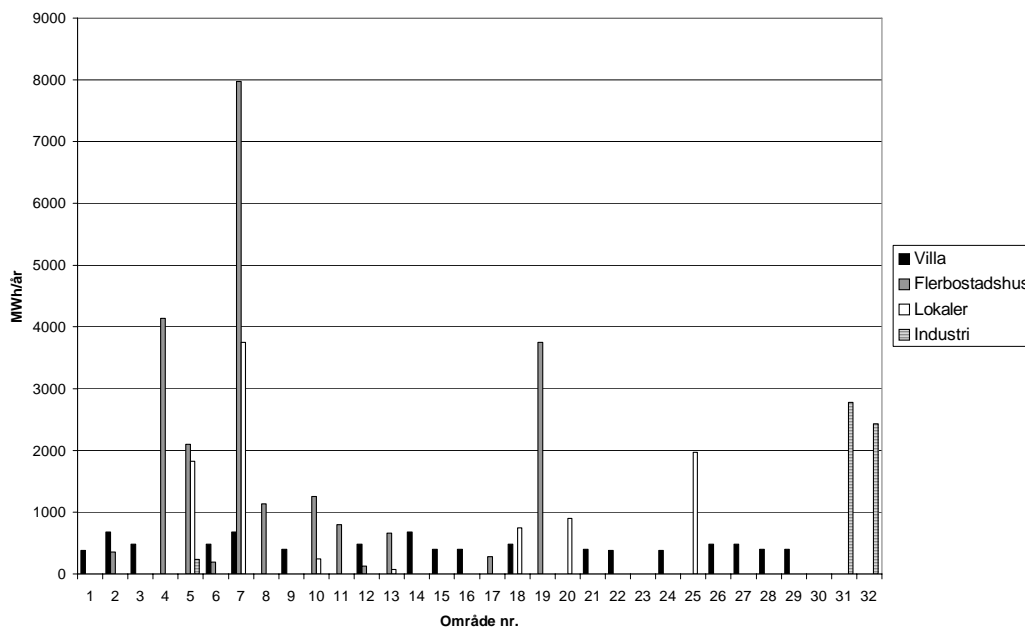


Figur 8.1 Resultat från workshop arbete med stadstypindelning i Ulricehamn. Varje färg visar en områdestyp (Obs! Norr i pilens riktning)

Ulricehamns Energi som är ett helägt kommunalt bolag sköter distribution och försäljning av fjärrvärme i Ulricehamn. Värmen kommer från två anläggningar; dels från Svensk Brikettenergi AB (som ligger i Vist industriområde) och dels från en anläggning vid sim- och sporthallen (ovanför Tre Rosors väg). Svensk brikettenergis levererar spillvärme, värme från bibränslepannor och oljepannor, totalt finns ca 25 MW värme tillgängligt. Ulricehamns energi har produktionsanläggningar bestående av pelletspanna, oljepanna och elpanna på totalt ca 10 MW. Med de produktionsanläggningar som finns idag går det att bygga ut fjärrvärmen. Det är de ekonomiska förutsättningarna för utbyggnaden av nätet som avgör hur många som kan erbjudas fjärrvärme. I Ulricehamn har man dels problem med stora tryckskillnader i fjärrvärmenätet som måste hanteras men det som också påverkar utbyggnaden av fjärrvärmenätet är hur stort värmebehovet är inom ett visst geografiskt område. Faktorer som hur tät bebyggelsen är, vilka uppvärmningsalternativ som dominerar i området idag och om många nyligen har investerat i andra värmekällor, som t ex värmepumpar, har betydelse för om fjärrvärme är lämpligt på kort sikt. Med ett längre tidsperspektiv ser möjligheterna till förändring ut att vara större. Där uppvärmningen i byggnader sker med

vattenburen värme, vilket oftast är fallet vid t.ex. bergvärme, kan fjärrvärme vara aktuellt som ersättning på längre sikt.

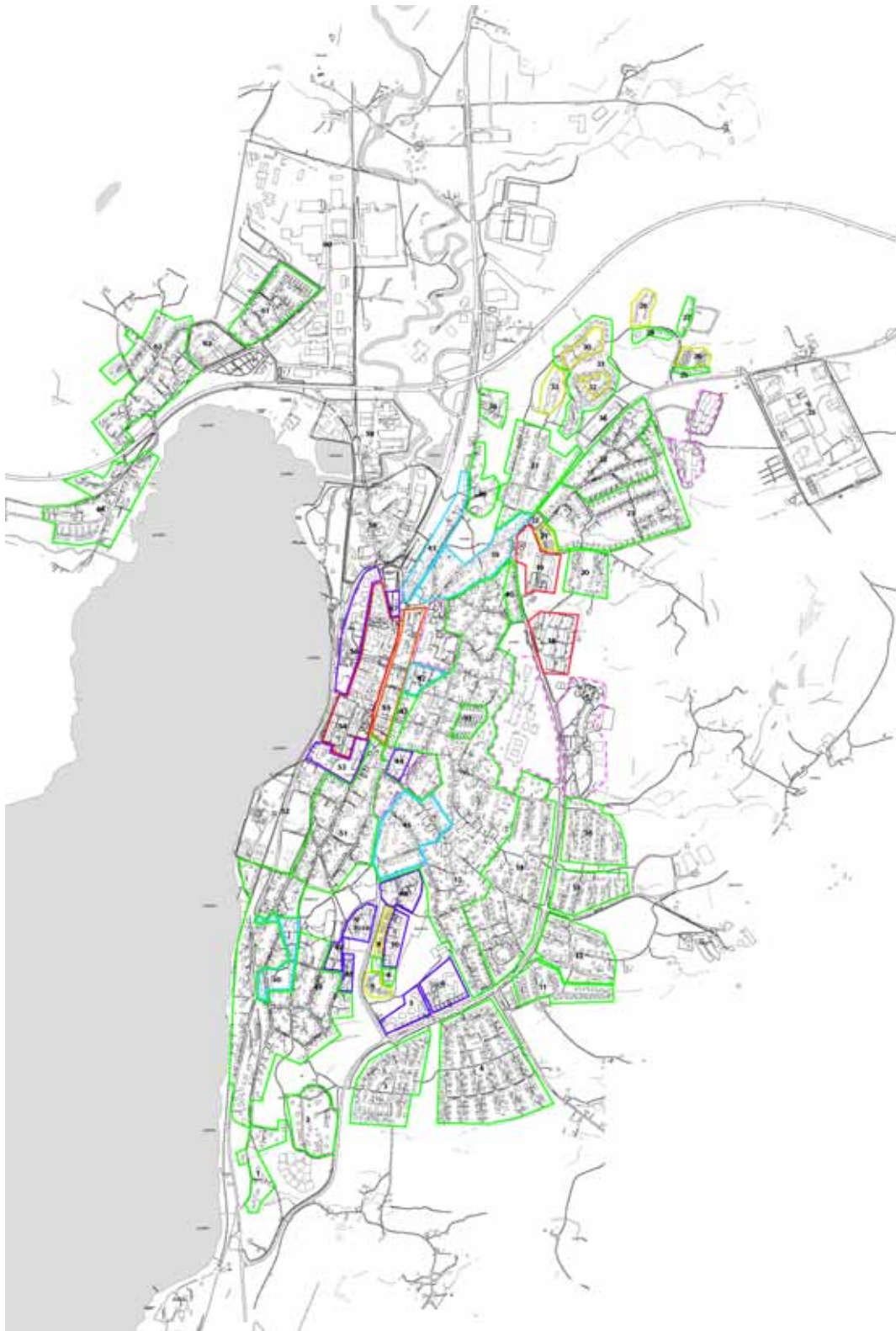
Vid en workshopövning i Ulricehamn arbetade olika grupper med att dela in staden i olika områden efter typ av bebyggelse men även med koppling till energi. Ett exempel från indelningen syns i figur 8.1. Här skiljer sig områdena från varandra bl a med avseende på byggnadsår, antal våningar och hur tätbebyggt området är. För att få en koppling mellan denna fysiska indelning och energi gjordes beräkningar av uppvärmnings- och tappvarmvattenbehov för respektive område, figur 8.2. Uppskattade byggnadsytor från plankartor och uppgifter från en tidigare utredning användes som underlag (Henriksson, 2000).



Figur 8.2 Beräknat energibehov för värme och tappvarmvatten i respektive område enligt figur 8.1.

Områden med ett högt energibehov och en relativt liten yta på kartan, t.ex. område 4 och 19 har en större andel flerbostadshus, högre värmtäthet och är bättre lämpade för fjärrvärme. Flera av dessa områden har idag också tillgång till fjärrvärme.

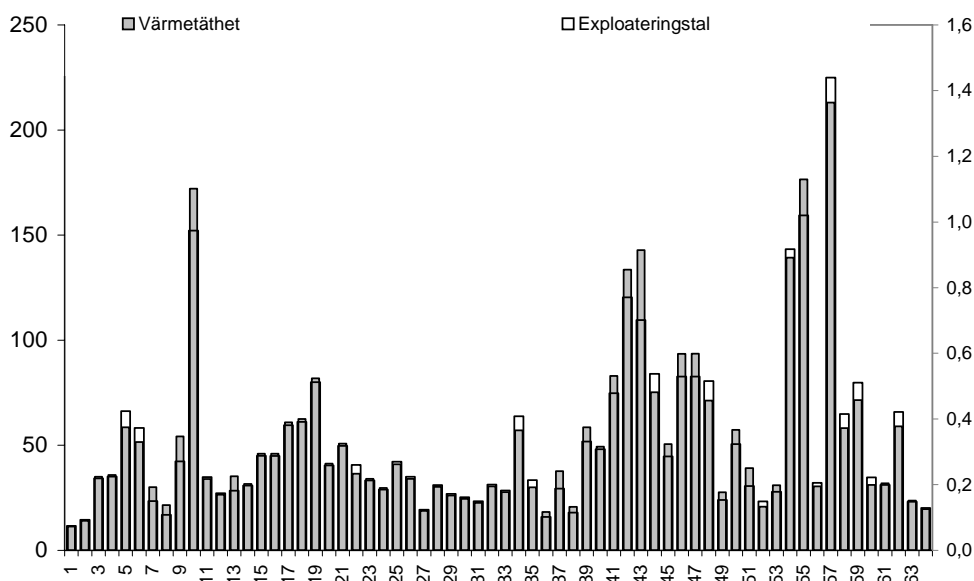
Som ett led i att förbättra informationen om staden och kopplingen till energi har en mer detaljerad stadstypsindelning genomförts av energi- och arkitekt doktorander med hjälp av karta och rundtur i Ulricehamn. Här har områdesindelningen blivit finare än i figur 8.2 men flera områden är av liknande typ som färgmarkeringarna visar i figur 8.3. Med hjälp av GIS har även Ulricehamns kommun kunnat ta fram såväl markytor som byggnadsytor för de olika områdena. Dessa har sedan används för beräkningar av bland annat värmtäthet och exploateringstal.



Figur 8.3 Stadstypindelning Ulricehamn (Lundström, 2007)

8.2 Stadstyper, värmätäthet och exploateringstal

Värmebehovet inom respektive område i figur 8.3 har beräknats och den totala värmemängden har dividerats med resp. områdes totala markyta för att erhålla värmätätheten (avsnitt 2.1) vilket presenteras i figur 8.2. Bruttomarkytorna har uppmätts med hjälp av GIS och bruttoytan för byggnader mätts i GIS och räknats upp med antal våningsplan. Exploateringstalet (avsnitt 2.1) för respektive område presenteras tillsammans med värmätäthetstalet i figur 8.4.



Figur 8.4 Värmätäthet kWh/m² markyta, år och exploateringstal för 65 områden i Ulricehamn.

8.3 Energiscenarier för Bronäs och Grönhögsvägen i Ulricehamn

Planeringskontoret i Ulricehamn har arbetat med förslag till fördjupad översiktsplan för Ulricehamns stad där bland annat förändringarna för Bronäsområdet beskrivs som en möjlig utveckling till en blandstad med närhet till järnvägsstation, centrum och strandområde. Bland annat innebär förslaget i Bronäs en högre exploatering med flerbostadshus på 2-6 våningar. En annan del i förslaget innebär planer för ny bebyggelse vid Grönhögsvägen där det är tänkbart att uppföra både villor, radhus och/eller flerbostadshus.

I förslaget till fördjupad översiktsplan beskrivs planerad utbyggnad av fjärrvärmens samt områden för exploatering där närvärmecentral ska prövas i första hand. I planen står det också att alternativa lösningar till uppvärmning, som t ex solfångare och pelletspanna, ska uppmuntras vid ny- och ombyggnation.

Några scenarier utarbetades för att visa hur olika alternativa förändringar enligt förslagen i den fysiska planen och för energiförsörjningen skulle kunna se ut. Bland annat visas scenarier där den befintliga bebyggelsen omfattas av extrema åtgärder för att minimera energianvändningen och här har byggnaderna i Brogården i Alingsås (se avsnitt 2.8) fått stå som förebild i scenarierna. För ny bebyggelse med låg energianvändning har höguset Seglet i Karlstad, som också finns beskrivet i avsnitt 2.8, stått som förlaga.

8.3.1 Bronäs

I Bronäs utarbetades scenarier med två olika exploateringsnivåer, alternativen MAX respektive LÅG.

Alternativ MAX innebär att tillkommande byggnader har 6 våningar och att en utbyggnad av hela norra delen av Bronäs med hotell, konferenslokaler och kontor sker. Åsunda sjöstad (etapp 1 och 2) ingår i området och räknas som befintlig bebyggelse. Total yta för nya byggnader (alla våningsplanen räknade) blir 259 000 m², kvarvarande befintliga bostäder är 8290 m² och kvarvarande befintliga ytor för kontor, verksamheter och handel är 8000 m².

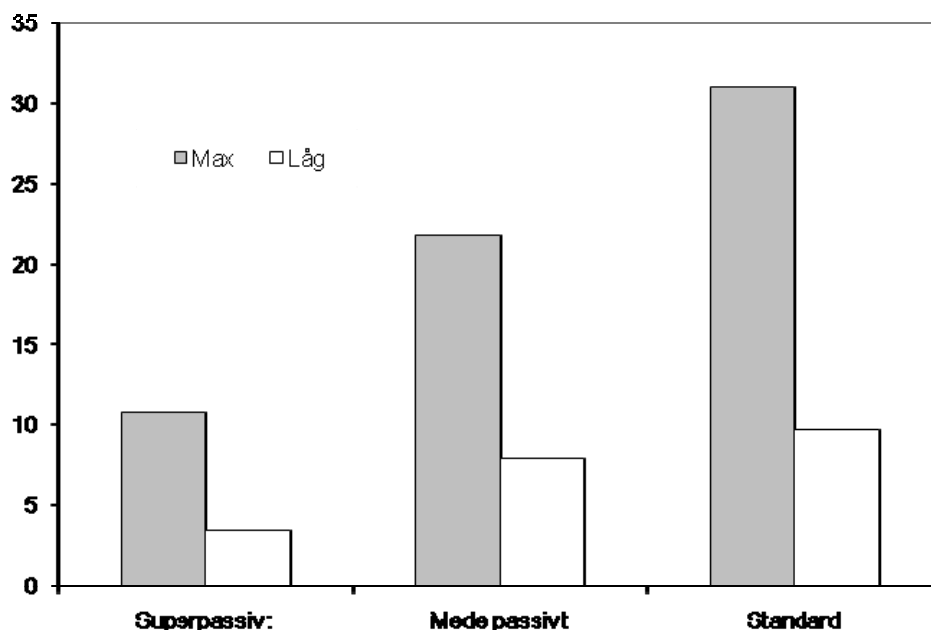
Alternativ LÅG innebär att tillkommande byggnader har 2 våningar och att en utbyggnad av nordvästra delen sker med kontor. Den nordöstra delen av området består av befintlig bebyggelse. Åsunda bebyggs lika som i alternativ MAX. Total yta för nya byggnader (alla våningsplanen räknade) blir 49 000 m², kvarvarande befintliga bostäder är 8290 m² och kvarvarande befintliga ytor för kontor, verksamheter och handel är 21000 m².

Energiprestanda för byggnaderna i de två exploateringsalternativen varierades på tre olika sätt: *superpassivt*, *medelpassivt* och *standard*. Här varieras även energitillförseln till byggnaderna mellan solfångare och fjärrvärme eller enbart fjärrvärme (figur 8.5).

Superpassivt innebär en mycket stor satsning på förbättrade energiprestanda för befintliga bostäder. Som förebild används projektet Brogården i Alingsås. För nya byggnader används uppgifter som finns för byggnationen av byggnaden Seglet i Karlstad.

Medelpassivt alternativ innebär att befintliga byggnader inte byggs om. 50% av den nya bebyggelse antas byggas lika effektivt som Seglet i Karlstad, se ovan. 50% av ny bebyggelse antas byggas enligt BBR ca 110 kWh/m²,år

*Standard*alternativet innebär ingen ombyggnad av befintliga byggnader och att ny bebyggelse sker enligt BBR. Energitillförsel med fjärrvärme.



Figur 8.5 Energibehov i scenarier för Bronäs, GWh/år.

8.3.2 Grönahögsvägen

Det finns olika vägar att gå då man beslutar om hur byggnationen vid Grönahögsvägen ska bli. Området tillhör ett av få där man kan tänka sig ytterligare flerbostadshus i Ulricehamn samtidigt som fristående småhus och radhus också utgör realistiska alternativ. Därför togs tre olika alternativ för exploateringen av området fram, SMALL, MEDIUM och LARGE, för att se hur energibehovet skulle påverkas.

I alternativet small antogs en bebyggelse av 25 st. villor i 1,5 plan inom området, figur 8.6. Byggnadsarean per hus är 120 m² och bostadsarean per hus 180 m², vilket medför en total area på 4500 m². Tomtytorna är ca 850 m². Exploateringstalet är då ca 0,18 inkl gatumark. Uppvärmningen sker med solvärme och en gemensam pelletspanna eller fjärrvärme.

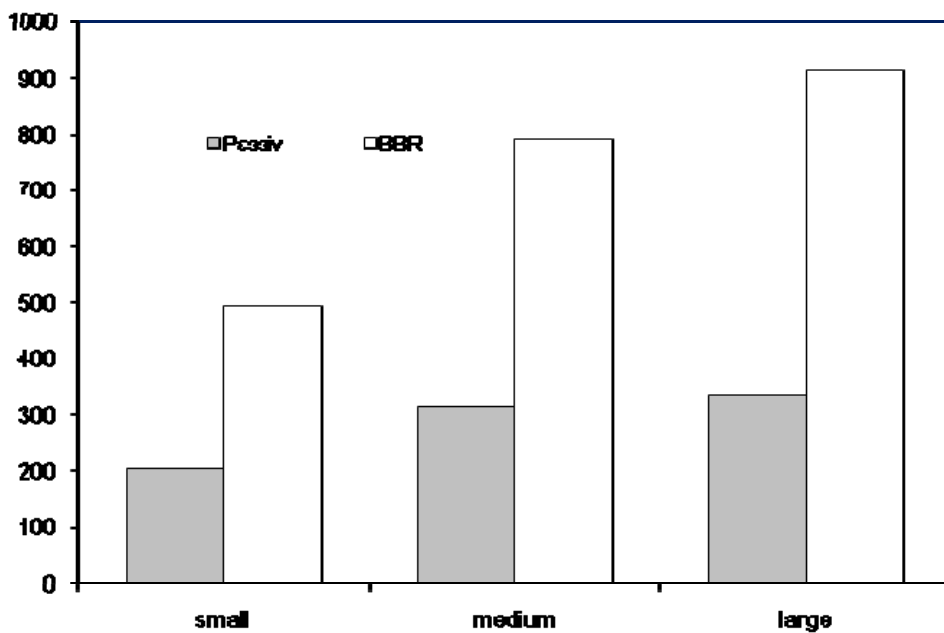
Medium innebär att 45 st rad-/kedjehus i 2 plan byggs i området, figur 8.6. Byggnadsarea per hus, 80 m². Bostadsarea per hus, 160 m². Total bostadsarea för området 7200 m². Tomtytor 450 m². Exploateringstal ca 0.29, inkl gatumark. Uppvärmningen sker med solvärme och en gemensam pelletspanna/fjärrvärme.

I large byggs 6 st stadsvillor/flerfamiljshus i 3+1 plan med totalt 60 lägenheter, 9 st villor och 4 st parhus, figur 8.6. Byggnadsarean för stadsvillor/flerfamiljshus är 300 m² per hus. Den totala nya bostadsarean i området blir 8 300 m². Tomtytorna är ca 450 m²/hus och exploateringstalet ca 0.33, inkl gatumark. Uppvärmningen sker med solvärme och en gemensam pelletspanna/fjärrvärme.



Figur 8.6 Planritningar för olika exploateringsalternativ vid Grönahögsvägen i Ulricehamn (Lundström, 2007)

För de tre exploateringsalternativen valdes två olika typer av byggnadsstandard, Passiv och BBR. I passivalternativet antas det tillförda energibehovet som täcks av pellets eller fjärrvärme vara 45 kWh/m² för villor, 43,5 kWh/m² för radhus och 38,6 kWh/m² för flerbostadshus. För BBR användes 110 kWh/m². Energiförbehovet ökar med den ökade bostadsytan, precis som den är högre för BBR än passivalternativet, figur 8.7.



Figur 8.7 Energiförbehov i scenarier för Grönahögsvägen, MWh/år.

Samtliga fall är tänkta med fjärrvärme eller närvärme central baserad på förnybara bränslen vilket inte förändrar koldioxidutsläppen.

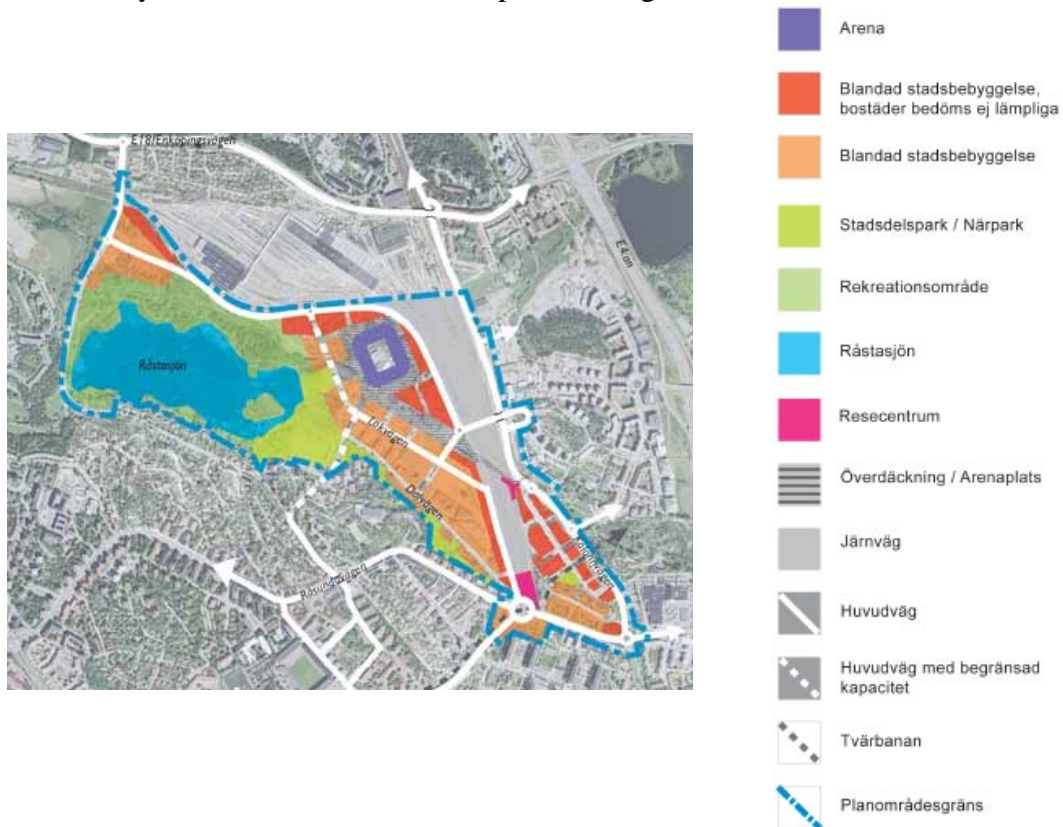
9 Solna

Solna stad sträcker sig över en yta på 19 kvadratkilometer och är en tätbebyggd kommun med över 61 000 invånare. Invånarantalet växer stadigt och i planerna för de närmaste åren ingår byggandet av omkring 15 000 nya bostäder. Dessutom finns det i Solna cirka 63 000 arbetsplatser inom bland annat handel och kommunikation. Stora arbetsplatser är Karolinska institutet och Solna stad. Antalet arbetsplatser beräknas öka inom kommunen i ungefär samma takt som invånarantalet ökar.

Tidigare energistudier om Solna i Uthållig kommun projektet har bestått av tre delstudier; Delstudie 1 visar vilka organisatoriska förutsättningar som finns för att fastighetsägare ska kunna minska sin energianvändning. Här kommer man bland annat fram till att det är viktigt att hitta ekonomiska incitament för att få till stånd samverkan mellan Solna stad och fastighetsägarna. En möjlighet till politisk kontroll över värmeförsörjningen finns för kommunen eftersom fjärrvärmeföretaget, Norrenergi, ägs av kommunen. Denna möjlighet är mer begränsad i lokalerna som kommunen brukar eftersom dessa ägs av en stiftelse. Delstudie 2 undersöker vilka åtgärder som är ekonomiskt hållbara för fastighetsägarna i Solna. Rekommendationen här är att man i de byggnader som inte tidigare åtgärdats bör satsa på kraftig tilläggsisolering av ytterväggar och bjälklag. I byggnader som redan åtgärdats bör man försöka minska på användningen av ventilationsanläggningarna. Delstudie 3 visar hur Solnas energibolag kan agera för att bli mer uthålligt i sin produktion av fjärrvärme, bland annat rekommenderas närmare studier av möjligheterna att bygga ett biobränsleeldat kraftvärmeverk (Gebremedhin m fl, 2004).

9.1 Förutsättningsanalys – Nuläge

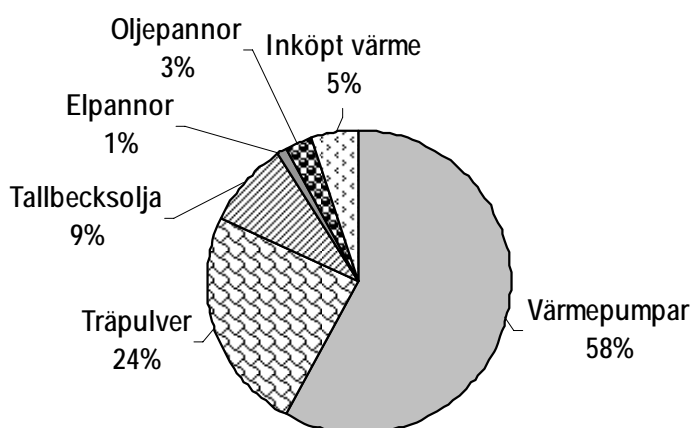
Ett område som är under omvandling i Solna är Solna stationsområde där bland annat en ny nationell arena för fotboll planeras, figur 9.1.



Figur 9.1 Solna stationsområde (Solna stad, 2006)

Området som omfattar ca 1,2 kvadratkilometer består främst av gammal industrimark med varierande bebyggelse, främst arbetsplatsbebyggelse för kontors- och industriändamål och en mindre andel bostäder från i huvudsak 1950-talet. Inom området arbetade under 2003 cirka 4800 personer.

Den huvudsakliga tillförseln av värme och tappvarmvatten sker med fjärrvärme från Norrenergi som har en sammansättning av sin produktion enligt figur 9.2. Fjärrvärmeleveranserna till Solna stationsområde är ca 21 GWh/år och utgör ca 2% av Norrenergis totala leveranser i Solna och Sundbybe



Figur 9.2 Fjärrvärmeproduktion i Solna (Norrenergi, 2005).

Om elenergin som driver värmepumparna i fjärrvärmesystemet antas komma från kolkondenskraftverk (kapitel 2) blir koldioxidutsläppen cirka 250 kg/MWh för fjärrvärmerna.

Solna stad har tagit fram ett förslag till fördjupad översiktsplan för detta område vilket var föremål för samråd hösten 2006. Det finns en vision om att omvandla området som beskrivs som "ett skräpigt industriområde" idag till en ny levande stadsdel, figur 9.3. Efter samrådet har inkomna synpunkter sammanställts och en del ändringar har gjorts i förslaget som varit utställt under tiden 2 maj - 9 juli 2007.

I den fördjupade översiktsplanen hänvisas till översiktplanen för Solna, ÖP 2006, som anger som mål och inriktning att vid planering av ny bebyggelse ska krav ställas på användning av förnyelsebar energi. En stor andel (90-95%) av Solnas fastigheter är idag anslutna till fjärrvärmenätet. Möjligheterna att ansluta kommande bebyggelse anges som goda vilket bland annat underlättas av att fjärrvärme redan idag finns framdragen inom och runtomkring stora delar av området.



Figur 9.3 Solna stationsområde: till vänster nuvarande utseende och till höger förslagsskiss (Solna stad, 2006)

I Solnas energiplan (Energiplan för Solna, 2005) anges som mål att energiförsörjningen för planerad expansion ska vara säkrad, att energitillförseln huvudsakligen ska ske med hållbara energilag och att energianvändningen ska effektiviseras. Energiplanen beskriver också fjärrvärme generellt som den ekonomiskt och miljömässigt bästa uppvärmningsformen i tätbebyggda områden, såsom Solna. Därför presenteras en inriktning som säger att all nybyggnation i Solna ska ha tillgång till fjärrvärme och att av det totala antalet fastigheter i kommunen ska 90% vid varje tid värmas med fjärrvärme. Eftersom fjärrvärmen dominerar är strävan också att själva fjärrvärmeproduktionen ska ske med minimal påverkan på miljö och hälsa. Förnybara energikällor och spillvärme tas upp som gynnsamma och inriktningen är att dessa ska utgöra minst 90% av den egenproducerade fjärrvärmen. Energiplanen tar också upp effektivare energianvändning och har som inriktning att verka genom medlemskap i det regionala energikontoret och genom att Norrenergi & Miljö AB ska driva energieffektiviseringsåtgärder hos företag, fastighetsägare och enskilda kunder för att spara energi och pengar. Detta ska ske med hjälp av en energieffektiviseringsplan för stadens egna fastigheter. Vid utbyte av belysning, signallampor och gatubelysning ska energisparande alternativ väljas och i exploateringsavtal ska staden reglera att köpare av mark förbinder sig att ansluta sig till ett energieffektivt system. Det tas också upp i energiplanen att den fysiska planeringen ska underlätta för energieffektivisering och sträva mot miljöanpassade uppvärmningssystem. För övrigt ska byggnader i möjligaste mån klimatanpassas samt passiv och aktiv solenergi tas till vara. Staden bör ha en positiv inställning till om det finns intressenter som vill prova solenergilösningar och lokala värmekällor som berg- eller jordvärme kan prövas.

Med anledning av de stora förändringarna som planeras inom Solna stationsområde har frågor om hur olika energilösningar påverkar området och om hur Solna stad kan påverka energifrågorna varit i fokus. Expansionen kräver ytterligare tillförsel av energi. Hur påverkar olika sorters tillförsel av energi och

förändrade energibehov koldioxidutsläppen? Hur samverkar dessa med förändrat energibehov som uppstår vid effektivisering av befintlig bebyggelse men även vid uppförande av nybyggnation med minimalt energibehov och tillskott av exempelvis solvärme?

Arbetet med energifrågor inom Uthållig kommuns projekt Fysisk planering i Solna startade under sen höst 2006 då en första workshop med en övning med hjälp av värderosor (avsnitt 3.1) genomfördes. Resultatet från workshopen visade att fjärrvärme fortfarande är önskvärt och möjligt i Solna. Man ser även energieffektivisering som viktigt men svårt att påverka. Det beslutades att några energiscenarier som skulle kunna vara utmanande för Solna skulle tas fram. Alternativa uppvärmningsformer till enbart fjärrvärme var främmande i Solna men för att ändå få någon jämförelse framfördes solvärme som något som kunde provas i scenarier. Med tanke på det stora antalet nya byggnader som ska uppföras i Solna stationsområdet framkom det också att något scenario med lågenergihus kunde vara intressant.

De första scenarierna (se nästa avsnitt) med uppskattad fjärrvärmeanvändning presenterades vid en träff med lokala företrädare med intresse för fysisk planeringsprojektet. Efter detta framkom önskemål om att upprätta ytterligare scenarier som grundade sig på den verkligt uppmätta fjärrvärmeanvändningen i området och där förändringar på tillförselsidan begränsades till alternativ produktion av fjärrvärmerna (se avsnitt 9.3).

9.2 Scenarier 1

De förändringar som tagits med i scenarierna har begränsats till att omfatta bostadshus och lokaler. Själva fotbollsarenan anses som en alltför speciell anläggning med individuella egenskaper som är svåra att bedöma i en översiktlig energistudie som denna. I dessa scenarier antas att nya flerbostadshus med ca 2000 nya lägenheter på totalt ca 160 000 m² byggs. Dessutom byggs ca 350 000 m² nya lokaler. Den befintliga bebyggelsen antas vara oförändrad.

Olika alternativ för hur den nya bebyggelsen byggs och vilken energitillförsel som väljs har tagits fram. Bland annat har några förslag av byggnader med alternativa lösningar för energiförsörjning och energibehov använts. Kvarteret Jöns-Ols i Lund som framhållits som ett energisnålt och lönsamt flerfamiljshus, med konventionell teknik är en av de som använts (avsnitt 2.8).

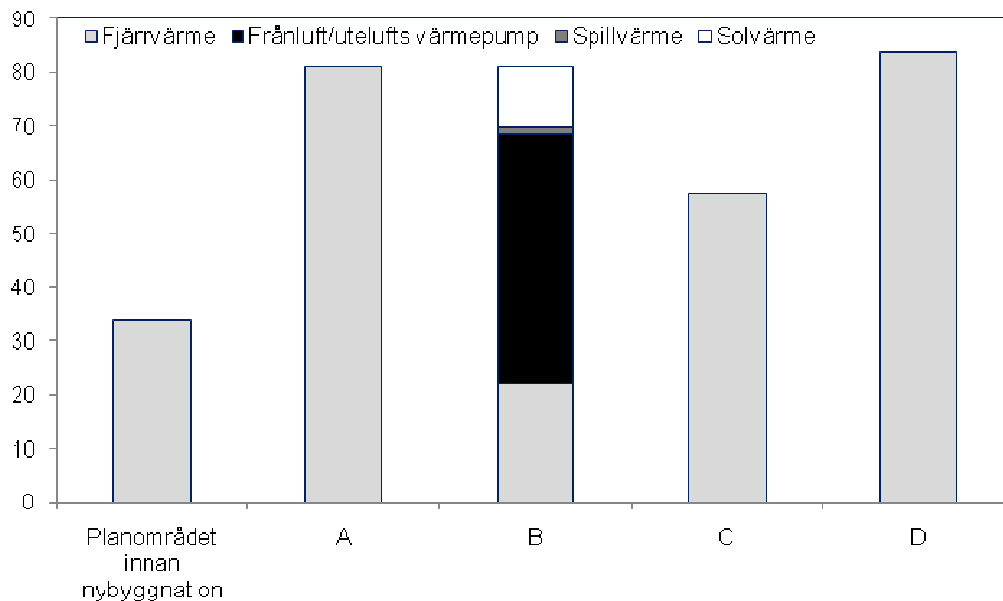
För att hitta ett extremt alternativ där den befintliga bebyggelsen åtgärdas för att minimera energianvändningen har projektet Brogården använts (avsnitt 2.8). De första scenarierna som togs fram i Solna var A-D nedan.

A. Samtliga nya byggnader i planområdet antas ha samma energibehov som Jöns Ols
Energiförsörjningen sker med Solnas befintliga fjärrvärmemix.

B. Ny bebyggelse även med energitillförsel enligt Jöns-Ols

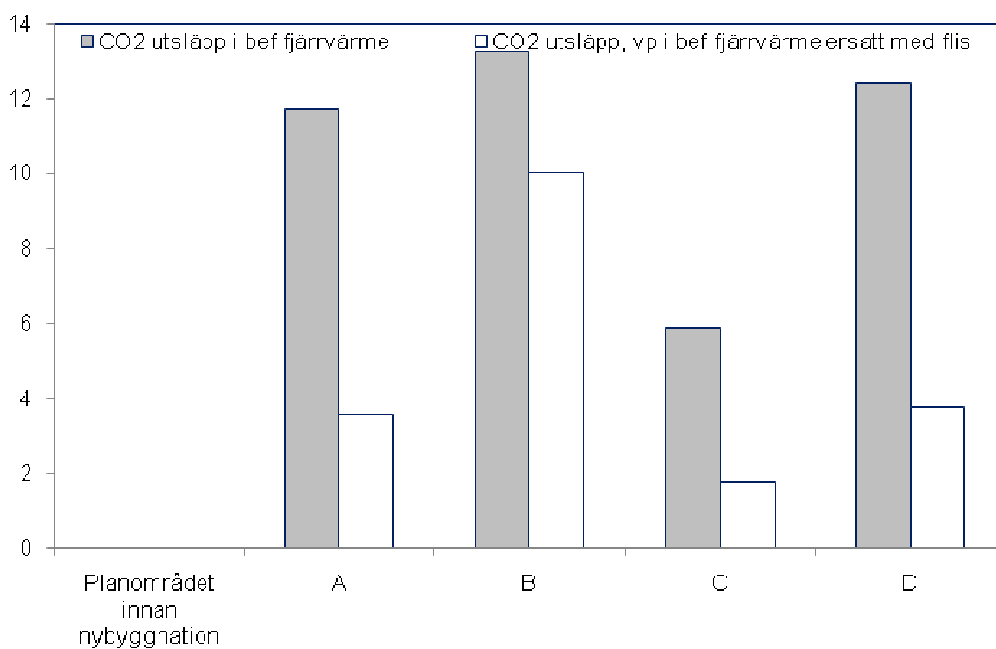
C. Ny bebyggelse enligt Brogården (trots att Brogården bygger på befintlig bebyggelse är målen högt satta även för nybyggnation), befintlig fjärrvärmemix

D. Ny konventionell bebyggelse enligt BBR, befintlig fjärrvärmemix
Samtliga nya byggnader inom området håller BBR-standarden då det gäller energianvändning
Fjärrvärme enligt Solnas befintliga mix.



Figur 9.4 Tillförsel av energi, scenarier, GWh/år.

I scenario A, figur 9.4, med Jöns-Ols värmebehov blir energitillförseln nästan lika hög som i alternativ D, med BBR som standard. Då tillförseln i scenario A ändras så att den sker på samma sätt som i Jöns-Ols får vi scenario B. I scenario B blir den köpta energin avsevärt lägre än i scenario A. Solvärmens på 11 GWh och ca 2/3 av värmepumpsenergin betalas ingen energikostnad för. Primärenergibehovet till värmepumpen i B är dock större på grund av de förluster som uppkommer i kondensproduktionsanläggningar för el (kapitel 2).



Figur 9.5 Ökning av koldioxidutsläpp på grund av värme och varmvatten till ny bebyggelse, nu och i fyra scenarier, tusen ton CO₂/år.

Vid beräkningar av förändringar i koldioxidutsläpp valdes två olika produktionssätt för fjärrvärme. I en variant antogs fjärrvärmeproduktionen vara baserad på dagens produktionsmix och i den andra varianten antogs värmepumparna i dagens fjärrvärmesystem vara ersatta av fliseldade hetvattenpannor. I figur 9.5 är koldioxidutsläppen högst i fall B då beräkningen bygger på att marginalet baserad på kolkondensgenerering används i värmepumparna (jmf kapitel 2). El används i relativt stor utsträckning i fall B för att driva värmepumpar och även i fallet då man byter till flis i fjärrvärmesystemet finns de eldrivna värmepumparna kvar i byggnaderna i fall B.

9.3 Scenarier 2

Som underlag för en workshop togs tre olika scenarier, E-G, fram. Syftet var att kunna genomföra en värdering av scenarierna med tanke på olika hållbarhetsbegrepp (Ranhagen, 2008). Nya uppdaterade uppgifter om antalet nytillkommande byggnader användes och uppmätta värden på dagens fjärrvärmebehov användes också. I dessa scenarier antas att nya flerbostadshus tillkommer med 150 000 m², nya lokaler med 230 000 m² och att den befintliga bebyggelsen, som idag har fjärrvärme, finns kvar.

Koldioxidberäkningar genomfördes grundat på dagens sammansättning av fjärrvärmeproduktionen men även för ett alternativ där värmepumparna i dagens system ersätts av biobränslebaserad värmeproduktion.

Fjärrvärmeproduktionen antas vara som den är idag med ca 250 kg/MWh i koldioxidutsläpp (värmefaktor 3 för värmepumparna). Då fjärrvärmeproduktionen

antas ske med flis istället för värmepumparna i dagens system blir koldioxidutsläppen ca 76 kg/MWh.

De tre scenarierna utformades som ett extremt effektivt alternativ (Lågenergi), en medelväg (Mellanenergi) och ett "fortsätt som vanligt" alternativ (Standard);

Scenario E, Standard

Befintlig bebyggelse använder fjärrvärme som idag

Ny bebyggelse byggs enligt Boverkets rekommendationer, BBR och använder fjärrvärme.

Scenario F, Lågenergi

Befintlig bebyggelse byggs om till motsvarande Brogården.

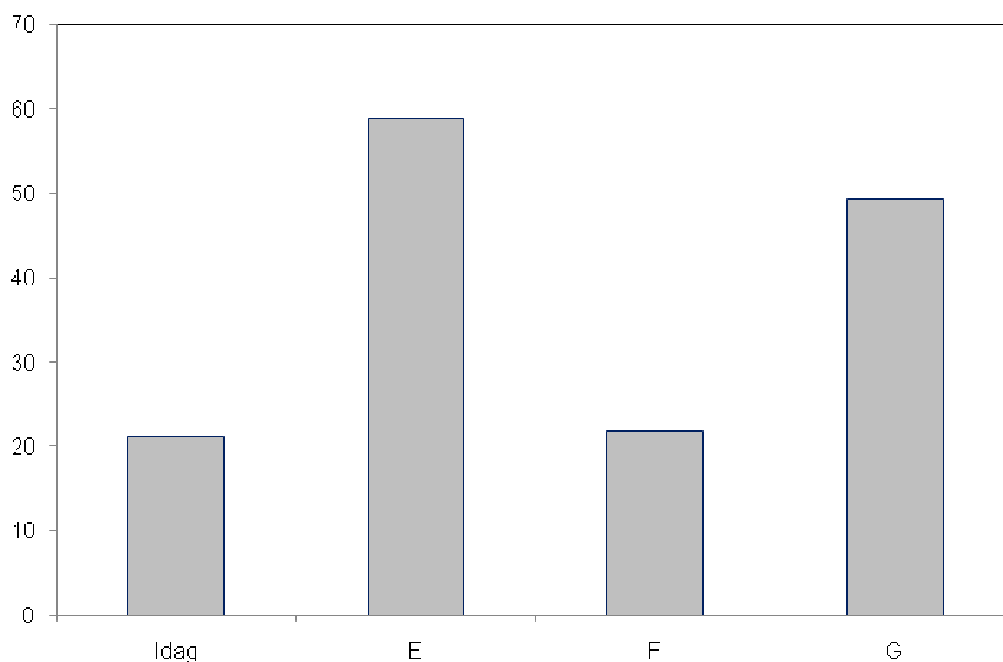
Ny bebyggelse byggs motsvarande Seglet men med solvärme.

Scenario G, Mellanenergi

Befintlig bebyggelse oförändrad och använder fjärrvärme som idag.

50% av ny bebyggelse byggs enligt Boverkets rekommendationer, BBR.

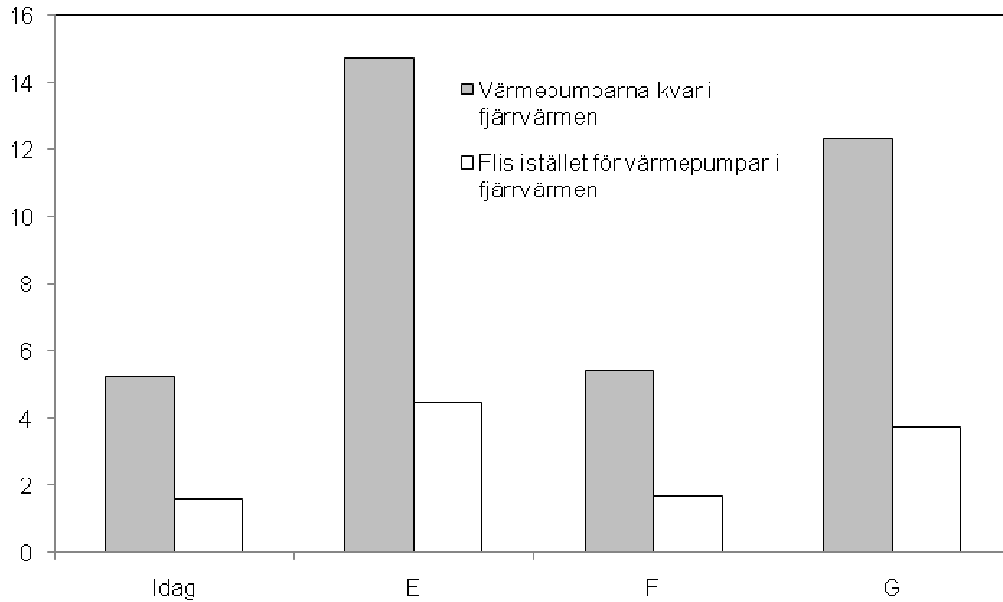
50% av ny bebyggelse byggs enligt Seglet.



Figur 9.6 Fjärrvärmebehov nu och i tre scenarier, GWh/år.

Eftersom nybyggnationen i området är så pass stor kommer energibehovet nästan att tredubblas om Boverkets rekommendationer följs i scenario E, figur 9.6. I fall F är nybyggnationen lika stor men den nya bebyggelsen har samma energiprestanda som Seglet i Karlstad. Den allra viktigaste orsaken till att energibehovet i fall F är så låg är att man även gjort massiva insatser för att

minska energibehovet i den befintliga bebyggelsen. I fallet G är ambitionsnivån lägre då endast 50% av nybyggnationen sker som Seglet och energibehovet blir då bara något lägre än i fall E.



Figur 9.7 Koldioxidutsläpp nu och i tre scenarier, tusen ton/år.

Koldioxidutsläppen i scenarioromgång 2, figur 9.7, följer proportionerligt energibehovet i scenarierna. Förutom att de massiva effektiviseringsinsatserna i fall F innebär låg energianvändning så blir också koldioxidutsläppen låga jämfört med de andra scenarierna. Då produktionsmixen för fjärrvärme ändras från värmepumpar till flis minskar också koldioxidutsläppen i samtliga fall.

10 Lokala förnybara energiresurser

För illustrera förhållandet mellan energibehoven och de lokala tillgångarna av förnybar energi har det uppskattats hur mycket förnybar energi som skulle vara möjligt att erhålla från sol, vind, vatten, jord och skog i de studerade kommunerna. Både åkermark och skogsproduktion behöver ju användas även, eller kanske i första hand, för andra ändamål än energiutvinning, framförallt för produktion av mat, virke och pappersmassa. Här antas att 12 % av all åkermark (utom den areal som normalt ligger i träda, SCB, 2007a) används för energiändamål vilket är en möjlig andel 2050 enligt Oljekommissionen (2006). På denna jordbruksmark antas det bedrivs odling av energiskog (Salix) eftersom det är en gröda som ger högt energiutbyte per hektar (50 MWh/ha,år i Mellansverige baserat på Bioenergiportalen, 2007 och Börjesson, 2006). Dessutom beräknas energiinnehållet i den årliga tillväxten av grenar och bark på all skogsmark i kommunerna (baserat på Skogsstyrelsen, 2006, 2007; Nilsson, 2006). Om man tar 80 % av denna tillväxt för hela riket får man den energimängd som enligt andra uppskattningar är möjlig att erhålla från skogsbränsle (SLU, 2004). Därför antas 80 % av grenarnas och barkens tillväxt kunna utnyttjas som bränsle i varje kommun.

Befintlig vattenkraftsproduktion har hämtats från SCB:s kommunala energibalanser (SCB, 2007b). Eventuell möjlig utbyggnad har inte beaktats. Vindkraftverk antas kunna byggas på alla platser i kommunerna där årsmedelvinden är minst 7,5 m/s på 100 meters höjd (Energimyndigheten, 2007) och där det inte uppenbart strider mot andra samhällsintressen (enligt översiktsplaner eller Vindgis, 2007). I Vingåkers kommun finns inga så goda vindlägen utan de få ställen där det i genomsnitt blåser minst 7,25 m/s har tagits med. I Ulricehamn finns det tvärtom mycket stora områden med hög vindhastighet och halva den arealen antas kunna tas i anspråk av vindkraftsparker. På varje kvadratkilometer antas det kunna byggas tre vindkraftverk med 2 MW installerad effekt, 90 m rotordiameter och 105 meter högt torn (t ex Vestas V90) och varje verk skulle kunna producera 6,7 GWh el per år (jmf Bergström, 2007).

Mängden solvärme grundas på antalet bostäder (SCB, 2007a). Varje småhus skulle kunna ha 10 m² solfångare som ger 3,5 MWh värme per år och varje lägenhet i flerbostadshus antas kunna ha 3 m² solfångare som ger 1,1 MWh/år (Klasson, 2007). Solfångare på lokaler för service och industri antas kunna ge värme som motsvarar 100 (Solna) eller 75 % av vad flerbostadshuset ger (jmf SCB, 2006d).

Tabell 10.1 visar bruttoenergitillförsel och slutlig energianvändning idag samt den energi som skulle vara möjlig att erhålla från salixodling på 12 % av åkermarken, trädbränslen motsvarande 80 % av grenarnas och barkens årliga tillväxt i skogen,

befintlig normalårsjusterad vattenkraftsproduktion, uppskattad möjlig vindkraftsproduktion i bra vindlägen och solfångare på byggnader.

Tabell 10.1 Energiebehov och lokala förnybara energiresurser (GWh/år)

	Brutto- energi- till- försel ¹	Slutlig energi- använd- ning ¹	Energi- skog på åker- mark	Skogs- bränsle	Vatten- kraft ^{1,2}	Vind- kraft	Sol- värme	För- nybar energi totalt	Energi- balans
Solna	1900	1600	0	0	0	0	76	76	-1800
Vingåker	200	190	42	140	1	56	13	250	+50
Borås	3000	2800	28	400	27	720	120	1300	-1700
Ulricehamn	740 ³	720	64	450	0	1400	32	1900	+1200
Örnsköldsvik	8400	8200	65	2000	470	740	82	3300	-5100

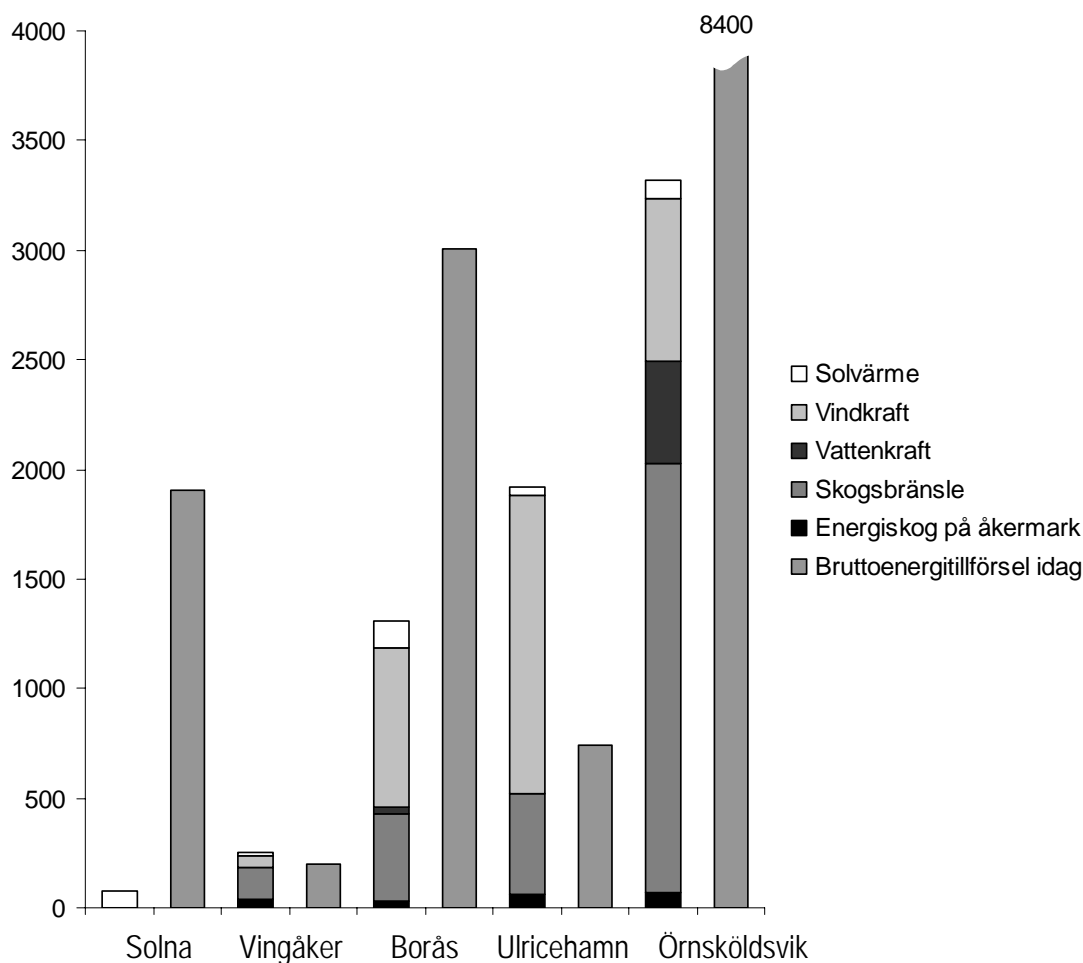
¹Idag enligt SCB:s kommunala energibalanser (SCB, 2007b)

²Normalårsjusterad (jmf Energimyndigheten, 2006)

³inkl spillvärme (SCB, 2007b)

Energibalansen är de sammanlagda förnybara energiresurserna relaterade till nuvarande bruttoenergitillförsel. Det förhållandet framgår även av figur 10.1. I Solna finns varken åker, skog eller vattenkraft och det bedöms inte finnas några lämpliga lägen för vindkraftverk. Däremot kan solfångare installeras på de många byggnaderna. I Borås och Ulricehamn är vindkraften den största förnybara energiresursen medan det i Örnsköldsvik och Vingåker är skogen. Vattenkraften spelar en större roll endast i Örnsköldsvik. I Vingåker och Ulricehamn överstiger de förnybara energiresurserna den nuvarande bruttoenergitillförseln medan övriga kommuner skulle behöva en bruttoenergitillförsel även om de lokala resurserna utnyttjades i den här beräknade utsträckningen. I Solna kan solvärmens bara täcka några procent av det totala energiebehovet medan de här beskrivna lokala tillgångarna kan täcka närmare hälften av energiebehoven i Borås och Örnsköldsvik. Örnsköldsviks kommun har ett mycket högt energiebehov p g a energiintensiv skogsindustri. Det totala energiebehovet i Örnsköldsvik motsvarar att all åker och skog i kommunen användes för att få fram trädbränsle.

Detta är ett försök till en någorlunda rimlig uppskattning av de lokala förnybara energitillgångarna men ska närmast ses som ett räkneexempel. De lokala förutsättningarna har inte beaktats vilket särskilt påverkar i vilken utsträckning som vindkraftverk kan byggas. Det finns förmodligen områden för friluftsliv och naturvård i vilka vindkraft bör undvikas som inte beaktats i denna översikt.



Figur 10.1 Uppskattade tillgångar av förnybara energiresurser och nuvarande bruttoenergitillförsel i de fem studerade kommunerna (GWh/år). Stapeln för Örnsköldsviks bruttoenergitillförsel på 8 400 GWh/år har kapats för att övriga energimängder ska kunna presenteras tydligare.

Men detta är inte en beräkning av de totala lokala energiresurserna. I så fall kan man tänka sig att långt mer än 12 % av åkermarken används för energiändamål, att även stamved eldas, att vattenkraften byggs ut, att betydligt fler vindkraftverk byggs och att solfångarfält även ställs på marken. Här har heller inte tagits någon hänsyn till olika energiformer; att jord och skog ger bränslen medan vatten och vind ger högkvalitativ el. Taken skulle kunna täckas av solceller som genererar el i stället för av solfångare som ger värme.

11 Diskussion

Att beskriva vad som gör utvecklingen mer hållbar och hur en uthållig situation ser ut är svårt, särskilt om man ska beakta effekter både för miljö, ekonomi och sociala förhållanden. I denna studie behandlas både små samhällen, stadsdelar, en mindre stad och en hel landsbygdskommun. I sina detaljer behöver olika tillvägagångssätt tillämpas beroende på vilken typ av område som studeras. En avvägning mellan detaljnoggrannhet och geografisk omfattning är nödvändig. Kyla, driftel och hushållsel har inte behandlats i studien eftersom åtminstone de senare bedöms ha mindre växelverkan med energisystemets rumsliga utformning.

Ett antal energiindikatorer som kan användas i den fysiska planeringen har tagits fram. Här har energianvändning, utsläpp m m i de flesta fall relaterats till markyta men i något fall till antalet invånare. Indikatorerna har tagits fram för de studerade områdena men torde gå att generellt tillämpa på de flesta områden i olika svenska kommuner. De lokala klimatförhållandena påverkar bl a möjligheterna att sänka energibehovet för uppvärmning. Ansatser har gjorts att finna samband mellan parametrar som används vid fysisk planering (som bebyggelsestruktur representerat av exploateringsstal) och energistorheter som värmebehov. Mängden möjlig solvärme skulle eventuellt också kunna relateras till exploateringsstalet för ett område.

Värmetätheten (d v s värmebehovet per markyta) är en indikator som kan vara användbar när energifrågor ska integreras i fysisk planering. Även andra energi- och miljömått kan relateras till markyta och uttryckas som t ex biobränsletäthet eller utsläppstäthet. Dessa tätheter skulle också kunna redovisas på kartor med användningen av olja, ved, pellets, fjärrvärme, el (kWh/m^2 mark,år) och CO_2 -utsläppen (kg/m^2 mark,år). De senare anges då lämpligen inklusive utsläpp p g a el från kolkondenskraftverk (kapitel 2) eftersom det annars bara är samma skala som för olja.

Scenarier är ett kraftfullt verktyg för att öka kunskapen om olika alternativ och kan tjäna som ett inspirerande underlag för diskussioner. Scenarier kan även användas för att ta fram en önskad utveckling. Det kan förstås diskuteras om de utarbetade scenarierna visar lämpliga kombinationer av energitillförsel och energihushållningsåtgärder. Passar t ex elvärme och lågenergihus ihop? Ska man bara försörja byggnader med relativt högt värmebehov med fjärrvärme? Olika lösningar passar bättre för olika byggnader och områden. Omfattande effektiviseringsåtgärder kan exempelvis vara mer lämpliga för hus med direktverkande elvärme som är svårare att konvertera till annan uppvärmningsform. Några ekonomiska kalkyler har inte gjorts men resonemang om kopplingar mellan storleken på värmebehov och investeringskostnader förs bl a i avsnitt 2.9.

Vid seminarier ute i kommunerna fördes diskussioner om möjligheterna att förverkliga scenarierna i olika områden (Ranhagen, 2008). Det nämndes bl a att det är större chans att fastighetsägare genomför effektiviseringsåtgärder eller byte av värmekälla om de avser att fortsätta äga sina hus i många år till. I områden som är byggda under vissa perioder är det mer aktuellt med en första eller andra renovering av husen och då kan det vara lämpligt att samtidigt tilläggisolera, byta fönster och eventuellt även installera ventilation med värmeåtervinning. En annan fråga som kom fram i diskussionerna var att på platser med låga huspriser är det svårare att våga göra stora investeringar i husets energistandard eller uppvärmningssystem eftersom investeringskostnaderna motsvarar en större andel av byggnadens värde och de pengar man lagt ut kanske man inte får tillbaka vid en försäljning. Ur fastighetsägarens perspektiv krävs då en kortare återbetalningstid för att man ska våga vidtaga omfattande åtgärder.

Det kan vara svårt att engagera kommunala tjänstemän i till synes abstrakta frågor som uthållighet. Hur strävan efter ökad hållbarhet påverkar olika verksamheter i kommunen kan behöva göras tydligare för att det ska vara lättare att se vem som är ansvarig för olika delar av arbetet att nå en mer uthållig kommun. Att ta fram, förklara och peka på problem inom t ex energiförsörjningen kan väcka intresse och visa vilka insatser som kan göras av olika tjänstemän. Behovet av förändringar som främjar ökad uthållighet och syftet med att ta fram nya arbetsmetoder och rutiner måste vara tydligt. Utvecklingsprocessen måste ha stöd av ledande politiker och tjänstemän i kommunen och vara känd inom den kommunala förvaltningen. Hur arbetet ska bedrivas behöver diskuteras med personalen.

I områden med snabba förändringar och stark ekonomisk utveckling ställs stora krav på den kommunala förvaltningen att ha personalkapacitet nog för att kunna agera i takt med allt som händer i kommunen. Det kan göra det svårare att införa nya arbetssätt i den kommunala förvaltningen. Fysiska planeringsprocesser påskyndas ofta av exploitörer och kan kompliceras av kopplingar till andra pågående projekt rörande byggnader eller infrastruktur. Men företagen som driver exploateringarna kan bli delaktiga i förändringar av planprocesserna mot hållbart stadsbyggande eftersom bolagen också måste beakta uthållighetsfrågor om de ska förbli lönsamma. Vid mötena kan olika aktörer utbyta erfarenheter och få ökad förståelse för varandras synsätt. Informella nätverk kan etableras som kan fortleva efter projektet.

11.1 Kommunens möjligheter att påverka energifrågor genom fysisk planering

De fysiska planerna för hela eller delar av kommuner ger riktlinjer men styr inte utvecklingen. Om de tar upp en strävan efter en mer uthållig energitillförsel och energianvändning är det emellertid mer troligt att sådana frågor beaktas när styrande beslut fattas om t ex byggnadslov. En (fördjupad) översiktsplan kan även rikta uppmärksamheten på energifrågorna när detaljplaner och exploateringsavtal

utarbetas (Ranhagen, 2008). Kommunen bör då kunna främja energilösningar som är fördelaktiga för miljön ur ett helhetsperspektiv. Energirådgivare bör kunna ge stöd genom sakkunskap när energifrågor blir aktuella vid de olika besluten.

Villaägare m fl kan stimuleras att välja god isoleringsstandard, flexibelt uppvärmningssystem och gå över från el till förnybar energitillförsel (t ex pellets eller fjärrvärme) för att täcka sina värmebehov. Energiråd kan även ges vid bygglov för ny- och ombyggnad. Men att erbjuda energirådgivning i samband med bygglovsärenden kan vara för sent för att påverka husets utformning och valet av uppvärmningssystem.

Våra erfarenheter från de studerade områdena, och främst Solna där det råder ett stort tryck på att bygga nya fastigheter, är att det är exploatörerna som har störst möjligheter att påverka utformningen av nya områden. Kommunen kan i mycket begränsad omfattning styra områdenas utseende. Exploatören har ofta också mycket större resurser i form av tid och pengar än vad kommunen kan avsätta för ett enskilt projekt.

Vid seminariediskussionerna ute i kommunerna (Ranhagen, 2008) föreslogs att en kommun skulle kunna kräva lågt värmebehov och ett flexibelt (vattenburet) uppvärmningssystem för nya byggnader i exploateringsavtal eller markanvisningsavtal med byggherrar eftersom det är affärsmässiga och inte myndighetsutövande avtal (jmf Hellström och Björk, 2004). Men sådana krav kan förstås göra att en byggherre väljer att bygga någon annanstans. Det bör vara lättare att ställa sådana villkor i åtråvärda områden där många vill etablera företag eller bygga bostäder än t ex i glesbygdskommuner där alla investeringar och arbetstillfällen välkomnas. Samtidigt förutsätter sådana energikrav från kommunens sida att det finns en politisk vilja att ta hållbarhetsfrågor på allvar och att ta risken att gå miste om vissa investeringar från byggherrar som inte vill leva upp till de krav man ställer.

11.2 Fjärrvärme

Fjärrvärmesystem är en värdefull resurs. Värme från avfallsförbränning, industrier och elproduktion i kraftvärmeverk kan nyttiggöras i fjärrvärmesystem men det kan uppstå ”konkurrens” mellan dessa värmekällor om att täcka fjärrvärmebehovet (t ex Danestig och Henning, 2004). Genom utbyggnad av fjärrvärmenätet kan det ökade värmeunderlaget göra att det finns plats för många olika värmekällor i fjärrvärmeproduktionen. Så är det t ex i Göteborg (Holmgren, 2006). Fjärrvärmeanvändningen kan även öka genom större värmeleveranser till industrier och genom att använda fjärrvärme för att alstra komfortkyla i absorptionskylmaskiner (Henning och Palm, 2006). Det kan bli leda till större kraftvärmeproduktion. Förändringar såsom stigande elpriser gör fjärrvärmesystemen till en mer värdefull resurs för elproduktion i kraftvärmeverk men lönsamheten för olika värmeförselalternativ påverkas kraftigt av olika politiska styrmedel som skatter, elcertifikat och utsläppsrätter (t ex Henning m fl,

2006b). Sådana frågor kan belysas av en beräkningsmodell som kopplar samman ekonomi och miljö (t ex Henning m fl, 2006a).

I områden med ganska hög värmetäthet i både Dalsjöfors och Köpmanholmen i Borås respektive Örnköldsviks kommuner täcks nu en tredjedel av värmebehovet av värmepumpar. Det är ett exempel på hur möjligheterna att etablera eller bygga ut fjärrvärme starkt påverkas av de val av uppvärmning som fastighetsägarna redan gjort. Värmebehovet som i praktiken är tillgängligt för fjärrvärmeanslutningen är lägre än det totala behovet.

Fjärrvärmebolaget kan ha olika roller i en kommun beroende på om det är privat eller ägt av kommunen men även beroende på vilka relationer mellan kommunal organisation och energibolag som har utvecklats genom åren (jmf Palm, 2004). Kommuner som äger ett energibolag kan t ex föra en prispolitik som får privatpersoner och företag att välja energilösningar som gynnar miljömålen. Fjärrvärmetaxan bör spegla kostnaderna för värmeproduktionen så att kunderna väljer resurseffektiva energilösningar, bl a lämpliga effektiviseringsåtgärder (t ex Sjödin och Henning, 2004).

För att underlätta anläggande och utbyggnad av fjärrvärmenät skulle en anslutning till fjärrvärmenät kunna ingå i markpriset på samma sätt som anslutningar till andra ledningsnät kan göra det, t ex vatten, avlopp och el. Fastighetsägaren kan sedan välja att utnyttja anslutningen för att få fjärrvärme eller inte.

12 Slutsatser

Översiktsplaner kan främja uthållig energiförsörjning genom att ta upp strävan efter effektiv energianvändning och förnybar energitillförsel. En kommuns fysiska planer kan t ex främja lågenergihus eller fjärrvärme.

Att dela in samhällen i områden med bebyggelse av liknande ålder, användning och struktur kan vara ett bra hjälpmedel när man ska beakta energifrågor i fysisk planering. Värmetätheten (d v s värmebehovet per markyta) är en indikator som kan vara användbar när energifrågor ska integreras i fysisk planering. Även andra energi- och miljömått kan relateras till markyta och uttryckas som t ex biobränsletäthet eller utsläppstäthet.

Scenarier är användbara för att beskriva olika möjliga utvecklingar, särskilt när man arbetar med uthållighet som kan vara svårt att definiera och uttrycka i konkreta mål. Scenarierna kan vara ett bra sätt att få igång diskussioner bland politiker och andra lokala företrädare om hur möjligt och önskvärt det är att uppnå en mer effektiv energianvändning och en mer hållbar energitillförsel på olika sätt, t ex hur man ska åstadkomma lågenergihus och utnyttjande av förnybara energikällor.

Det är viktigt att scenarierna tar hänsyn till samspel med den omgivande världen annars kan man komma fram till lösningar som kanske är tillfredsällande om man ser till enskilda byggnader men inte om man betraktar hur det påverkar uthålligheten ur ett helhetsperspektiv. Att ersätta el med biobränsle minskar exempelvis primärenergibehov och CO₂-utsläpp p g a sambanden mellan elproduktion och elförbrukning på den europeiska elmarknaden. Tilläggisolering, värmeåtervinning ur ventilationsluften, bättre fönster och solvärme minskar behovet av primärenergi. Energiushållningsåtgärder kan vara var mer lämpliga i områden med hus av viss ålder där renoveringar är mer aktuella.

En kommun som vill verka för en mer uthållig energiförsörjning skulle vid nybyggnationer kunna låta villkor om förnybara energikällor, flexibla uppvärmningssystem samt låga el- och uppvärmningsbehov ingå i exploateringsavtal eller markanvisningsavtal med byggherrarna.

Lokaliseringen av huvudledningarna i fjärrvärmenätet är en strategisk fråga för fysisk planering som påverkar vilka som kan välja fjärrvärme i framtiden. Ett fjärrvärmenät bör först byggas i och mellan tätt bebyggda områden med stora byggnader och hög värmetäthet men även mindre täta områden längs vägen kan anslutas till nätet. I flera studerade tätbebyggda områden täcker nu värmepumpar och pellets pannor (som förmodligen installerats nyligen) en stor del av värmebehovet, vilket minskar möjligheterna att anlägga fjärrvärmenät där, i alla fall på kort sikt.

I områden med låg värmtäthet är det särskilt viktigt att få så många fjärrvärmekunder som möjligt ty om alltför många värmekonsumenter väljer andra uppvärmningsalternativ kan värmeunderlaget bli för litet för att det ska vara ekonomiskt möjligt att bygga ett fjärrvärmesystem. Värmeunderlaget kan bli betydligt större om man också beaktar möjligheterna att leverera värme till industrier.

Om det dröjer innan ett fjärrvärmenät kan byggas i ett område (t ex för att det ännu finns för få kunder) bör fjärrvärmeleverantören erbjuda övergångslösningar för att försäkra sig om så många framtida kunder som möjligt som en bas för ett fjärrvärmesystem. Ett fjärrvärmeföretag kan t ex sälja värme från pellets pannor i villaområden. I Köpmanholmen har t ex Övik Energi nyligen installerat pellets pannor i ett område med flerbostadshus (område 16, Fig. 7.1). I nya områden kan man börja med att anlägga ett litet närvärmenät som försörjs av en lokal panna i väntan på att där finns så mycket byggnader att det är motiverat att dra fjärrvärmeledningar dit. Sådana lösningar kan vara lättare att få till stånd om fjärrvärmeföretaget involveras i planeringsskedet.

Omfattningen av de lokala förnybara energiresurserna beror kraftigt på hur stor yta som tas i anspråk för energiändamål, särskilt beträffande skogs- och åkermark men även för vindkraftverk, solfångare och vattenkraft. Förutsättningarna varierar mycket mellan de studerade kommunerna men även en modest exploatering av de lokala förnybara energitillgångarna kan för ett par kommuner täcka dagens energibehov.

Låt sammanfattningsvis planer och avtal verka för minskad energianvändning och förnybar energitillförsel (se även Henning och Danestig, 2007).

13 Förslag till fortsatt arbete

Arbetet med att på ett naturligt sätt få in energifrågorna vid översiktlig bebyggelseplanering har utvecklats i detta projekt genom att ta fram praktiska arbetsmetoder som underlättar planeringsprocessen. En avvägning mellan geografisk omfattning och detaljnoggrannhet behöver göras. För en hel kommun kan en översiktlig studie göras men för ett mindre område kan en mer detaljerad kartläggning utföras. En allmän metod skulle behöva utmejslas som utgör en syntes av de i detta projekt använda något skiftande arbetssätten för områden med mindre och större antal byggnader.

Beskrivningar av nuvarande och möjlig framtida värmeförsörjning för olika områden och samhällssektorer i en kommun, som i denna rapport, torde kunna användas i fler sammanhang än fysisk planering, t ex vid energirådgivning, energiplanering och fjärrvärmeutbyggnad.

Skisserad utveckling av värmebehovet skulle för de områden där fjärrvärme är aktuellt kunna kopplas ihop med en systemanalys av fjärrvärmens med modellberäkningar av hur fjärrvärmeproduktionen påverkas av förändrat värmebehov. Byggnader med lägre värmebehov innebär bl a att det kan produceras mindre el i ett kraftvärmeverk med hjälp av den värme som levereras till varje hus.

De frågor som tas upp i denna rapport pekar mot att energiplanering och fysisk planering bör samordnas i processens tidiga skeden för att underlätta att mer uthålliga energilösningar kommer till stånd. Nyttan för kommunerna kan ökas genom att sådana analyser som gjorts i det här projektet även ger ett stöd vid energiplaneringsprocessen. Kartläggningar av värmebehov, uppvärmningsformer och användning av el och bränslen för värmeproduktion kan utgöra ett värdefullt faktaunderlag vid energiplaneringen. Scenarier för den framtida värmeförsörjningen har visat sig fungera som ett inspirerande diskussionsunderlag för lokala politiker och tjänstemän i processen att ta fram fysiska planer. Scenarierna torde kunna spela en liknande roll för en diskussion om visionära och hållbara energilösningar som ett viktigt inslag i processen att utarbeta en handlingsinriktad energiplan som stöder arbetet att utforma framtidens energilösningar. Framtidsbilderna kan även mer metodiskt användas för bedömningar av konsekvenser för bl a miljön. Sådana studier som gjorts i detta projekt kan därmed stödja framtagandet av både översiktsplaner och energiplaner. Dessa planeringsprocesser bör också kunna utnyttja analyser av fjärrvärmeproduktion, energihushållning i industrier samt kommunens energiarbete (jmf Henning och Palm, 2006).

Indikatorer för energi och miljöpåverkan kan ge konkret vägledning vid utarbetandet av både fysiska översiktsplaner och energiplaner. Förutom de

indikatorer som presenteras i denna rapport skulle också t ex total energitäthet, där även hushålls- och driftel ingår, kunna beräknas.

Den mycket översiktliga uppskattningen av lokala förnybara energiresurser i denna studie skulle kunna vidareutvecklas men även i den enkla form som energitillgångarna har uppskattats här skulle det kunna användas som ett sorts ekologiskt fotavtryck för energiförsörjningen i kommunen.

Referenser

- Abel, E. (1994) Low-energy buildings, *Energy and Buildings*, Vol. 21, pp. 169–174.
- Abel, E. och Elmroth, A. (2006) *Byggnaden som system*, Formas, Stockholm.
- Affärsdata (2006) www.ad.se
- Alingsåshem (2007) Informationsbroschyr om ombyggnation Brogården, Alingsås, www.alingsashem.se
- BBR (2006) Regelsamling för byggande, Boverkets byggregler, BBR, BFS 1993:57 med ändringar till och med 2006:12, Boverket, Karlskrona.
- Bergström, H. (2007) Vindpotentialen i Sverige på 1 km skala: Beräkningar med MIUU-modellen, Institutionen för geovetenskaper, luft och vattenlära, Uppsala universitet (www.energimyndigheten.se).
- BFS (2006) Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (1993:57) – föreskrifter och allmänna råd, BFS 2006:12.
- BFS (2007) Boverkets föreskrifter och allmänna råd om energideklaration för byggnader, BFS 2007:4.
- Bioenergiportalen (2007) Bioenergiportalen, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala, www.bioenergiportalen.se
- Bohlin, H., Henning, D., Trygg, L. (2004) *Energianalys Ulricehamn*, Rapport ER 17:2004, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.-H., Ekvall, T. Finnveden, G. (2006) Scenario types and techniques: Towards a user's guide, *Futures*, Vol. 38, No. 7, pp 723-739.
- Börjesson, P. (2006) *Livscykelanalys av Salixproduktion*, Rapport 60, Avdelningen för miljö- och energisystem, Institutionen för teknik och samhälle, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Churchman, C. W. (1968) *Systemanalys (svensk översättning)*, Ronzo boktryckeri AB, Stockholm, 1973.
- Danestig, M., Gebremedhin, A., Karlsson, B. (2007) Stockholm CHP potential— An opportunity for CO₂ reductions, *Energy Policy*, Vol. 35, No. 9, pp 4650-4660.
- Danestig, M. och Henning, D. (2004) Increased system benefit from cogeneration due to cooperation between district heating utility and industry, *Proc. of the 9th international symposium on district heating and cooling*, Espoo, Finland, 30-31 augusti, red. T. Savola, Maskinteknik, Helsingfors tekniska högskola, Energy engineering and environmental protection publications TKK-ENY-20, pp. 97-104.
- Danestig, M. och Westerberg, K. (2005) Att förändra ett uppvärmningssystem: bilder av framtidens uppvärmningssystem i Söderköping, Arbetsnotat Nr 28, Program energisystem, Linköpings universitet, ISSN 1403-8307.
- Energimyndigheten (2006) *Energiläget i siffror*, ET 2006:44, Energimyndigheten, Eskilstuna.

- Energimyndigheten (2007) Vindkartering
http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/F_PreGen01?ReadForm&MenuSelect=05CEC0C7711739A1C1257299003D2B01
- Energiplan för Solna (2005) "Energiplan för Solna, - ett inriktningsprogram" och "Energi i Solna, - antagandehandling", Solna stad.
- Frederiksen, S. och Werner, S. (1993) Fjärrvärme, teori, teknik och funktion, Studentlitteratur, Lund.
- Gebremedhin, A., Glad, W., Gustafsson, S.-I. (2004) Energianalys Solna, Rapport ER 16:2004, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Gebremedhin, A., Henning, D., Palm, J. (2006) Energianalys Vingåker, Rapport ER 07:2006, Energimyndigheten, Eskilstuna
- Gebremedhin, A. och Palm, J. (2005) Energianalys Borås, Rapport ER 2005:28, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Hellström, A. och Björk, K. (2004) Exploateringsavtal - Tillämpning i Sverige med internationell utblick, TRITA-INFRA EX 04-009, Fastighetsvetenskap, Infrastruktur, KTH, Stockholm.
- Henning, D. (2005) El till vad och hur mycket i svensk industri: ett projekt i Energimyndighetens forskningsprogram Allmänna energisystemstudier, slutrapport, IKP Energisystem LiTH / Optensys Energianalys, Örngatan 8C, 582 37 Linköping,
[http://www.stem.se/WEB/STEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC12570F1002C4DB9/\\$file/EI%20till%20vad%20och%20hur%20mycket%20i%20svensk%20industri.pdf](http://www.stem.se/WEB/STEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC12570F1002C4DB9/$file/EI%20till%20vad%20och%20hur%20mycket%20i%20svensk%20industri.pdf)
- Henning, D., Amiri, S., Holmgren, K. (2006a) Modelling and optimisation of electricity, steam and district heating production for a local Swedish utility, European Journal of Operational Research, Vol. 175, No. 2, pp 1224-1247.
- Henning, D. och Danestig, M. (2007) Local development possibilities for sustainable energy supply and use in Sweden, VHU-konferensen Forskning för hållbar utveckling, Linköping, 6-7 september.
- Henning, D., Danestig, M., Holmgren, K., Gebremedhin, A. (2006b) Modelling the impact of policy instruments on district heating operations – experiences from Sweden, i Lectures, 10th International Symposium on District Heating and Cooling, Hannover, Tyskland, 3-5 september. AGFW-VDEW, Frankfurt a M, Tyskland.
- Henning, D., Hrelja, R., Trygg, L. (2004) Energianalys Örnköldsvik, Rapport ER 15:2004, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Henning, D. och Palm, J. (2006) Energitillförsel och energihushållning i samverkan, ER 2006:15, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Henning, D. och Togeby, M. (2006) Climate Change and the Future Nordic Energy System - with focus on the electricity system, Optensys energianalys, Linköping, Sverige och Ea energianalyse, København, Danmark,
http://www.ea-energianalyse.dk/dokumenter/Future_study.pdf, (www.eaea.dk).
- Henning, D. och Trygg, L. (2008) Reduction of Electricity Use in Swedish Industry and its Impact on National Power Supply and European CO₂ Emissions, Energy Policy, ska publiceras.
- Henning, D., Trygg, L., Gebremedhin, A. (2006c) Enhanced biofuel utilisation in Swedish industries, buildings and district heating, Proc. of the World

- Bioenergy 2006 conf., pp. 198-203, Jönköping, 30 maj- 1 juni, Svebio, Stockholm.
- Henning, D., Trygg, L., Glad, W., Gustafsson, S.-I: (2005) Socio-technical analyses of energy supply and use in three Swedish municipalities striving towards sustainability, i Science for sustainable development: Starting points and critical reflections, red. B. Frostell, Proc. of the 1st VHU Conf. on Science for sustainable development, Västerås, 14-16 april.
- Henriksson, M. (2000) Förstudie Ulricehamn, Konsultrapport. Ulricehamns Energi AB.
- Holmgren, K. (2006) The role of a district heating network as a user of waste heat supply from various sources—the case of Göteborg, Applied Energy, Vol. 83, pp. 1351–1367.
- Ingelstam, L. (2002) System - att tänka över samhälle och teknik, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- IPCC (2007) Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO, Geneva, Switzerland, www.ipcc.ch
- Karlsson, F. (2006) Multi-dimensional approach used for energy and indoor climate evaluation applied to a low-energy building, Dissertation No. 1065, Linköpings universitet, Linköping.
- Karlstads bostads AB (2007) Seglet huset med hållbar värme, broschyr, www.kbab.se.
- Klasson, J. (2007) Att spara eller konvertera i boendemiljön? – en gammal fråga i ny genomlysning, LiU-TEK-LIC-2007:36, Linköpings tekniska högskola.
- Klingström, A. (2005) Ortsanalys Dalsjöfors, Andreas Klingström, Borås stad.
- Lag (2006) Lag (2006:985) om energideklaration för byggnader.
- Lundgren, T. (2007) Planerare Thomas Lundgren, Kommunledningskontoret, Örnsköldsviks kommun.
- Lundström, M. J. (2007) Mats Johan Lundström, Avd. för Urbana och regionala studier, Inst. för Samhällsplanering och miljö, KTH, Stockholm.
- Nilsson, P. O. (2006) Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004, Skogsstyrelsen, Jönköping, www.skogsstyrelsen.se.
- Norrenergi (2005) Varmt och grönt, Miljöredovisning, Norrenergi, Solna.
- Näslund, O. (2006) Olof Näslund, Övikshem, Köpmanholmen.
- Oljekommissionen (2006) På väg mot ett oljefritt Sverige, Kommissionen mot oljeberoende, Statsrådsberedningen, Stockholm, www.regeringen.se/sb/d/108/a/66280
- Palm, J. (2004) Makten över energin - policyprocesser i två kommuner 1977-2001, Linköping Studies in Arts and Science No. 289, Linköpings universitet, Linköping.
- Persson, A. (2002) Energianvändning i bebyggelse, IVA, Stockholm.
- Persson, A., Rydstrand, C., Hedenskog, P. (2005) Allt eller inget – Systemgränser för byggnaders uppvärmning, ÅF Energi & Miljö AB, Stockholm (www.energimyndigheten.se).
- Ranhagen, U. (2006) Fysisk planering för ett hållbart samhälle: Delprojektet fysisk planering inom programmet ”uthållig kommun” – etapp 1, ER 2006:19, Energimyndigheten, Eskilstuna.

- Ranhagen, U. (2008) Fysisk planering för ett hållbart samhälle: Metoder och verktyg för att integrera energifrågor i översiktlig planering, syntesrapport (preliminär titel), Energimyndigheten, Eskilstuna, ska publiceras.
- Rohdin, P. (2007) Doktorand Patrik Rohdin, IEI Energisystem, Linköpings universitet.
- Rolfsman, B. (2003) Tekn Dr Björn Rolfsman, IKP Energisystem, Linköpings universitet.
- RTK (2000) Energiförsörjningen år 2000 – 2030, Underlag till Regionplan 2000, Regionplane- och trafikkontoret i Stockholm.
- Sandberg, T. och Overland, C. (2003) Nulägesanalys – Värmekällors andelar av värmemarknaden för småhus, Värmegles 2003:1, Svensk Fjärrvärme, 101 53 Stockholm.
- SCB (2006a) Energistatistik för småhus 2005, Statistiska meddelanden EN16SM0601, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SCB (2006b) Energistatistik för flerbostadshus 2005, Statistiska meddelanden EN16SM0602, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SCB (2006c) Energistatistik för lokaler 2005, Statistiska meddelanden EN16SM0603, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SCB (2006d) Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2005, Statistiska meddelanden EN16SM0604, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SCB (2007a) Statistikdatabasen, Statistiska centralbyrån, Örebro, www.ssd.scb.se/databaser
- SCB (2007b) Kommunala energibalanser (KOMENBAL), Statistiska centralbyrån, Örebro, www.scb.se
- SCB (2007c) Geoskikt från SCB - GIS och statistik, Statistiska centralbyrån, Örebro, www.gis.scb.se
- Sjödén, J. och Henning, D. (2004) Calculating the marginal costs of a district heating utility, Applied Energy, Vol. 78, No. 1, pp. 1-18.
- Skogsstyrelsen (2006) Trädbränslestatistik i Sverige, förstudierapport, Skogsstyrelsen, Jönköping, www.skogsstyrelsen.se
- Skogsstyrelsen (2007) www.skogsstyrelsen.se
- SLU (2004) Uppdrag rörande den framtida användningen av bioenergi i Sverige, Institutionen för skogsekonomi, Fakulteten för skogsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, http://www.biofuelregion.se/arbetsgrupper/fakta_material/dokument/7_dokument_41.pdf (BioFuel Region AB, Storgatan 35, 903 25 Umeå)
- Solna stad (2006) Fördjupad översiktplan för Solna stationsområde, Stadsbyggnadsdivisionen, Solna stad.
- Ternström, L. (2006) Linda Ternström, Borås stad.
- Thormark, C. (2006) Resursanvändning i ett 12-vånings lågenergihus utan värmesystem, Lunds Universitet.
- Vindgis (2007) VindGIS, Boverket, Karlskrona, www.gis.lst.se/vind
- Växtplats Ulricehamn (2002) Fördjupning av översiktsplanen, www.ulricehamn.se.
- Warfvinge, C. (2005) Kvarteret Jöns Ols i Lund, – Energisnålt och lönsamt flerbostadshus med konventionell teknik, Lunds universitet och Energimyndigheten, Eskilstuna.