

Avfallsförbränning inom Sveriges fjärrvärmesystem

- **Delprojekt 4 inom projektet Perspektiv på framtida avfallsbehandling (PFA)**

Mårten Haraldsson
David Holmström

Avfallsförbränning inom Sveriges fjärrvärmesystem

- Delprojekt 4 inom projektet ”Perspektiv på framtida avfallsbehandling (PFA)”

Waste incineration within the Swedish district heating systems

Mårten Haraldsson, Profu
David Holmström, Profu

Projektnummer WR-35
År: 2012

WASTE REFINERY
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
www.wasterefinery.se
wasterefinery@sp.se
ISSN 1654-4706

Sammanfattning

Avfallsförbränning inom Sveriges fjärrvärmesystem är ett av fem delprojekt inom det systemanalytiska projektet "Perspektiv på framtida avfallsbehandling". Målet med detta projekt är att beräkna den ekonomiska potentialen för avfallsförbränning i de svenska fjärrvärmesystemen. Man kan konstatera att vi med nuvarande expansion av avfallsförbränning relativt snart kan nå en övre gräns för vad som efterfrågas av de svenska fjärrvärmesystemen. Hur mycket mer avfallsförbränning som är ekonomiskt intressant att bygga har stor betydelse för utvecklingen av det svenska avfallssystemet, inte minst för alternativen till förbränning som t.ex. biogasproduktion.

Nedan följer projektets huvudslutsatser

1. Modellresultaten visar att avfallskraftvärme beräknas vara ett ekonomiskt konkurrenskraftigt alternativ för fjärrvärmeproduktion under hela den studerade perioden fram till år 2030. Tillgången på kapacitet att behandla brännbart avfall bedöms under hela perioden vara högre än behovet inom landet.
2. Mellan år 2009 och år 2020 bedöms mängden avfall som behandlas genom energiutvinning i Sverige att öka med 1,6 miljoner ton eller 30 %. Detta styrks av såväl modellresultat som sammanställningar över planerade kapacitetsutbyggnader.
3. Den ekonomiska potentialen för energiutvinning av avfall år 2030 beräknas till 7,6 miljoner ton (år 2009 är motsvarande siffra 5,1 miljoner ton). År 2020 beräknas kapaciteten uppgå till 6,9 miljoner ton.
4. Även efter år 2030 kan energiutvinning av avfall fortsätta att växa. Detta kommer då nästan uteslutande att ske på bekostnad av biokraftvärme. Orsaken är att fjärrvärmeproduktionen år 2030 beräknas utgöras av 85 % avfalls- och biokraftvärme, 10 % industriell spillvärme och endast 5 % värme från värmepump och fossila bränslen. Avgörande för en fortsatt utbyggnad av avfallskraftvärme blir därmed den ekonomiska konkurrenskraften gentemot biokraftvärme.
5. Utbyggnaden av avfallskraftvärme under perioden 2009-2020 leder till minskad användning av fossila bränslen och biobränsle i fjärrvärmesystemen. Den årliga elproduktionen från fjärrvärmesystemen ökar härigenom med 500 GWh. Totalt leder utbyggnaden till minskade utsläpp motsvarande 1 miljon ton CO₂-ekv/år.
6. Utbyggnaden av avfallskraftvärme under perioden 2020 till 2030 bedöms i första hand tränga undan biokraftvärme. I valet mellan avfalls- och biokraftvärme visar resultaten på en något bättre klimateffekt för biokraftvärme, men samtidigt en något högre kostnad. Vid en jämförelse mellan avfalls- och biokraftvärme är dock såväl kostnader som klimatresultat känsliga för valet av indata. En försiktig slutsats är därför att dessa bägge alternativ är jämförbara ur såväl kostnads- som klimatsynpunkt. Om biobränsle i framtiden blir en begränsad resurs kommer dock klimatnyttan att öka för avfallskraftvärme.

7. Mängden svenskt avfall som kräver behandling genom energiutvinning beräknas år 2020 att uppgå till 5,4 miljoner ton och år 2030 till 6,6 miljoner ton. Givet den utbyggnad av avfallskraftvärme som beräknats i detta projekt ges ett importbehov av brännbart avfall till 1,5 miljoner ton år 2020 och 1 miljon ton år 2030.

Nyckelord: Avfallsförbränning, fjärrvärmeproduktion, avfallsbränsle, biobränsle, systemanalys

Summary

Waste incineration within the Swedish district heating systems is one of the five sub-projects within the project “Perspectives on sustainable waste treatment”. The goal of this project is to evaluate the economic potential for waste incineration in the Swedish district heating systems. With the current expansion of incineration, we may relatively soon reach an upper limit for what is demanded by the Swedish district heating systems. How much more waste incineration that is economically attractive to build is of great importance for the development of the Swedish waste system, not least for the alternatives to incineration as for example biogas production. With continued rising quantities of waste and stagnant demand for waste incineration from the district heating systems, today's surplus of treatment capacity may change the market picture for other waste treatment options. How much more waste incineration requested and how quickly the market reaches this level is studied in this project.

Main conclusions:

1. Model results indicate that waste incineration is expected to be an economically competitive alternative for district heating production during the studied period up to the year 2030. This provides that the national need for this waste treatment method will be met.
2. Between 2009 and 2020 the amount of waste treated by energy recovery in Sweden is expected to increase by 1.6 million tons, or 30 %. This is evidenced by both the model results and records of existing plans.
3. The economic potential for energy recovery of waste in 2030 is estimated to 7.6 million tons (in 2009, the corresponding figure is 5.1 million tons). In year 2020 the capacity is estimated to 6.9 million tons.
4. Even after 2030, the energy recovery of waste may continue to grow. This will almost exclusively be at the expense of produced heat and power from biomass combined heat and power plants. The reason is that district-heating production by 2030 is estimated to be 85 % waste and biomass fuelled combined heat and power plants, 10 % industrial waste heat, and only 5 % heat from heat pumps and fossil fuels. The continued development of waste incineration becomes critical to the economic competitiveness vis-à-vis combined heat and power plants fuelled by biomass.
5. Development of waste incineration in the period 2009-2020 will lead to reduced use of fossil fuels and biofuels in district heating systems. The annual electricity production of district heating systems will increase to 500 GWh. In total the development lead to emission reductions, equivalent to 1 million tons of CO₂ eq/year
6. Development of waste incineration in the period 2020 to 2030 will primarily supplanting biomass fuelled combined heat and power plants. In the choice between waste and combined heat and power plants fuelled by biomass the results

indicate a slightly better climate effect for biomass fuelled combined heat and power plants, but at a slightly higher cost. In a comparison between the waste and biomass fuelled combined heat and power plants, however, both the costs and climate results are sensitive to the choice of input. A cautious conclusion is therefore that these two options are comparable in both cost and in a climate point of view. If biofuels in the future becomes a finite resource, however, climate benefits increase for waste incineration.

7. The amount of Swedish waste requiring treatment by incineration in year 2020 is estimated to 5.4 million tons and in 2030 to 6.6 million tons. Given the expansion of waste incineration calculated in this project the need for import of combustible waste is estimated to 1.5 million tons by the year 2020, 1 million tons by 2030

Keywords: Incineration of waste, district heating production, waste fuel, biofuel, system analysis

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	10
1.1	PROBLEMBESKRIVNING	11
1.2	SYFTE OCH MÅL	12
1.3	PROJEKTGRUPP	12
1.4	TIDIGARE UTFÖRDA PROJEKT	12
2	BAKGRUND	14
3	MODELLER	16
3.1	SYSTEMAVGRÄNSNING	16
3.2	MARKAL	16
3.3	NOVA	18
4	METODIK	20
4.1	CENTRALA INDATA OCH ANTAGANDEN	20
4.2	MODELLÅR 2020	21
4.3	MODELLÅR 2030	22
4.4	KLIMATPÅVERKAN	22
5	RESULTAT	23
5.1	FÖRBRÄNNINGSKAPACITETEN 2020	23
5.2	FJÄRRVÄRMESYSTEMEN 2020	24
5.3	FÖRBRÄNNINGSKAPACITETEN 2030	28
5.4	FJÄRRVÄRMESYSTEMEN 2030	29
5.5	KLIMATPÅVERKAN FRAM TILL 2020	30
5.6	KLIMATPÅVERKAN FRAM TILL 2030	32
5.7	IMPORT AV AVFALLSBRÄNSLE	35
6	SLUTSATSER	36
7	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	37
8	LITTERATURREFERENSER	38

1 Inledning

Projektet ”Perspektiv på framtida avfallsbehandling” är delvis en fortsättning på tidigare WR-projekt (WR04 och WR21), men framförallt ett nytt projekt inom området systemanalys. Projektet avser att djupstudera fem olika delområden för den framtida svenska avfallsbehandlingen. De områden som valts ut är högaktuella för den svenska avfallshanteringen och enligt Profus bedömningar mycket väsentliga för hur den framtida svenska avfallsbehandlingen kommer att utvecklas. Områdena är svåra att greppa och bör studeras i ett övergripande systemperspektiv för att skapa mer kunskap om den framtida utvecklingen och insikter om hur man kan/bör påverka denna utveckling. Kunskaperna kan också användas för att styra inriktningen av mer detaljerade forsknings- och utvecklingsprojekt inom avfallsbehandlingssystemet, exempelvis den inom Waste Refinery. De fem delområdena behandlar frågor som har direkt koppling till hur avfallsbehandling genom förbränning och biologisk behandling kan komma att utvecklas.

I sin helhet utnyttjar projektet befintlig systemanalytisk kunskap och befintliga beräkningsmodeller för att studera några utvalda områden som bedömts som väsentliga för utvecklingen av svensk avfallsbehandling. Stor vikt läggs också på kommunikationen ut från projektet till samhällets avfallsaktörer (forskare, verksamhetsutövare, myndigheter och beslutsfattare).

En övergripande sammanfattning av projektet ges i Figur 1. I figuren har projektet beskrivits i tre delar: **Kunskapsbas**, **Forskningsfokus** och **Kommunikation**.

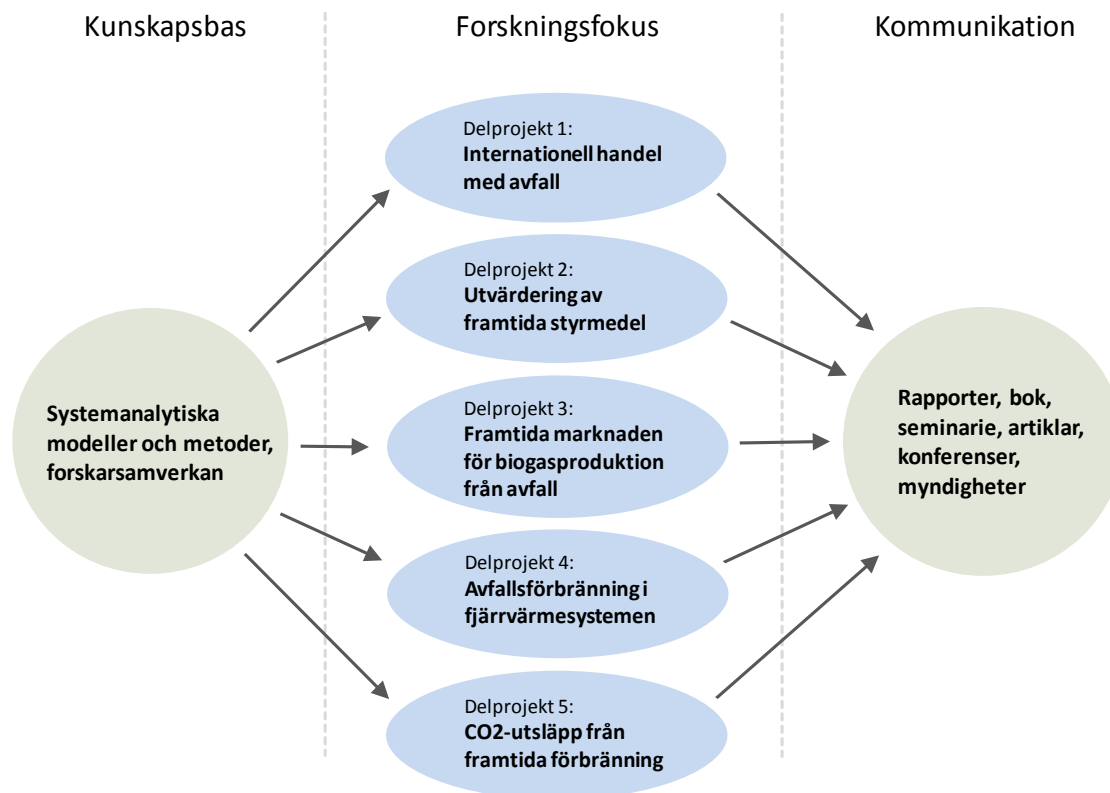
Kunskapsbasen är den grund med systemanalytiska modeller/metoder, forskarnätverk mm som behövs för genomförandet av de fem delprojekten. Större delen av denna utgörs av det modelleringskoncept som togs fram i tidigare WR-projekt (WR04 och WR21), men här ingår även andra modeller som utvecklats i andra forskningsprojekt samt befintliga systemkunskaper inom området. Även kunskapsutbyte med andra forskargrupper ingår, t.ex. med Naturvårdsverkets program ”Hållbar Avfallshantering”. Kunskapsbasen finns till stora delar redan idag och kommer att tillföras projektet. Endast mindre anpassningar, och därmed små resurser, kommer att krävas för att anpassa modellerna till de forskningsfrågor som ska lösas inom delprojekten.

Forskningsfokus är rubriken på det forskningsarbete som görs inom hela projektet. Här återfinns fem olika delprojekt som behandlar de utvalda aktuella områdena. Större delen av projektets arbete och därmed projektets resurser läggs på dessa delprojekt. De forskningsprojekt som inkluderas är:

1. Internationell handel med avfall
2. Utvärdering av framtida styrmedel
3. Framtida marknad för biogasproduktion
4. Avfallsförbränning i fjärrvärmessystemen
5. CO₂-utsläpp från framtida avfallsförbränning.

Presentationen av resultaten från projektet beskrivs under en separat rubrik, **Kommunikation**. Att på ett effektivt sätt kommunicera resultaten från ett forskningsprojekt är ofta svårt och dessutom ett område som ofta har nedprioriterats.

Vanligt är att man nöjer sig med en relativt snäv forskarkommunikation. Vi har här valt ett något mer ambitiöst program för hur resultaten kan kommuniceras till en bredare publik genom att definiera flera olika vägar fram till våra utvalda målgrupper.



Figur 1. Sammanfattning av "Perspektiv på framtida avfallshantering".

Figure 1. Summary of the project "Perspectives on sustainable waste treatment".

I denna rapport sker redovisningen av delprojekt 4 "Avfallsförbränning inom Sveriges fjärrvärmesystem".

1.1 Problembeskrivning

Utbyggnaden av avfallsförbränning har varit kraftig i Sverige under den senaste 10 årsperioden. Ser man till de planer som finns så förväntas denna utbyggnadstakt fortsätta i ytterligare ett antal år. Drivkraften för utbyggnaden har gått från att i första hand ha varit att behandla avfall till att vara ett ekonomiskt bra alternativ för produktion av fjärrvärme. Detta har lett till att tillgången på avfall i en region inte längre är begränsande på samma sätt som tidigare. Finns inte avfallet i regionen så är man idag i många fall beredd att transportera avfallet långväga, och även att importera avfall. Det som då istället kommer att bli begränsande för den fortsatta utbyggnaden av avfallsförbränning är istället efterfrågan från fjärrvärmesystemet. En avfallsförbränningsanläggningens kostnadsstruktur utgörs av en stor kapitalkostnad och relativt låga rörliga kostnader, detta betyder att anläggningen i fjärrvärmesystemet ses som en typisk baslastanläggning. Baslastanläggningar skall vara i

drift under så stor del av året som möjligt för att bli ekonomiskt intressanta. I takt med att avfallsförbränningsanläggningens kapacitet ökar, räknat i värmeeffekt, minskar drifttiden av anläggningen. Därmed försämras också det ekonomiska utfallet för anläggningen. Någonstans blir avfallsförbränning inte längre konkurrenskraftigt mot annan fjärrvärmeproduktion med lägre kapitalkostnader. Vid skärningspunkten återfinns den ekonomiska potentialen för avfallsförbränning i fjärrvärmesystemet.

Till detta kan läggas att vi i Sverige ser framför oss en vikande fjärrvärmeefterfrågan. Dels beroende på effektiviseringar hos fjärrvärmekunderna, dels beroende på en ökad konkurrens från andra uppvärmningsalternativ, främst värmepumpar. Enligt nyligen genomförda kartläggningar [3] kommer fjärrvärmeefterfrågan att minska tydligt i hela landet och extra kraftigt i städer med stort behov av energieffektiviseringar i flerbostadshus.

Utbyggnaden av avfallsförbränning tillsammans med vikande värmeefterfrågan gör det troligt att vi i flera fjärrvärmesystem runt om i landet är på väg att nå den ekonomiska potentialen för avfallsförbränning. Med tanke på att avfallsmängderna på sikt förväntas fortsätta stiga är det betydelsefullt att studera hur stor del av den framtida avfallsbehandlingen som kan tänkas utgöras av avfallsförbränning.

1.2 Syfte och mål

Målet med detta projekt är att beräkna den ekonomiska potentialen för avfallsförbränning i de svenska fjärrvärmesystemen. Man kan konstatera att vi med nuvarande expansion av avfallsförbränning relativt snart kan nå en övre gräns för vad som efterfrågas av de svenska fjärrvärmesystemen. Hur mycket mer avfallsförbränningskapacitet som är ekonomiskt intressant att bygga har stor betydelse för utvecklingen av det svenska avfallssystemet, inte minst för alternativen till förbränning som t.ex. biogasproduktion. Med fortsatt stigande avfallsmängder och stagnerad efterfrågan på mer avfallsförbränning från fjärrvärmesystemet kan dagens överskott på behandling komma att vända. Hur mycket mer avfallsförbränning som efterfrågas och hur snabbt marknaden når denna nivå studeras i detta projekt.

1.3 Projektgrupp

Projektet har utförts av Mårten Haraldsson, David Holmström samt Thomas Unger (Profu). Resultat från projektet har stämts av löpande vid alla möten med referensgruppen för projektet ”Perspektiv på framtida avfallsbehandling”. Vid rapportskrivningen har Charlotta Abrahamsson (Svensk Fjärrvärme) samt Lia Detterfeldt (Renova) bidragit med värdefulla kommentarer.

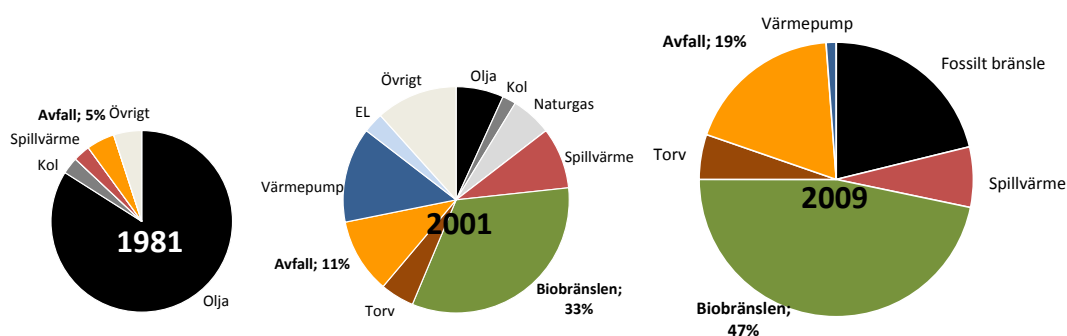
1.4 Tidigare utförda projekt

Profu har även i ett flertal andra utredningsarbeten arbetat med frågeställningar som liknar dem som nu ämnas studeras i detta projekt. Denna kunskap har använts vid arbetet i detta projekt. Nedan följer en lista på projekt med liknande frågeställningar:

- **Energy from Waste – an international perspective** (Avfall Sverige U2009:05)
Beskriver energiutvinning (förbränning, rötning samt insamling av deponigas) från avfall i Europa idag och i ett framtidsperspektiv.
- **Klimatpåverkan från import av avfall** (Avfall Sverige U2009:06)
Klimatpåverkan från dagens import av brännbart avfall till Sverige beräknas i projektet.
- **Energy from waste Potential contribution to EU renewable energy and CO₂ reduction targets** (Avfall Sverige U2009:18)
Avfallssystemets möjliga bidrag till att uppnå EU:s mål om förnybar energi och minskade utsläpp av CO₂ till år 2020 beräknas i projektet.
- **Kapacitetsutredning 2011. Tillgång och efterfrågan på avfallsbehandling till år 2020** (Avfall Sverige F2012:03)
En bedömning av framtida tillgång och efterfrågan på avfallsförbränning och biologisk behandling av organiskt avfall i Sverige. Liknande bedömningar har genomförts av Profu vid ett flertal tillfällen. Detta är den senast publicerade versionen
- **Fjärrvärmens i framtiden – Behovet** (Svensk Fjärrvärme Rapport 2009:21)
Bedömning av framtida efterfrågan på fjärrvärme på nationell nivå. Huvudresultatet har beskrivits i Figur 3.
- **Fjärrvärmens i framtiden –** (Svensk Fjärrvärme Rapport 2011:2)
Analys utifrån resultat från Svensk Fjärrvärme Rapport 2009:21 om hur produktionen av fjärrvärme kan komma att utvecklas givet olika omvärldsförändringar.
- **CO₂ från svensk avfallsförbränning** (2003, publ av Avfall Sverige)
Beräkningar av utsläppet av CO₂ vid förbränning av avfall i Sverige.

2 Bakgrund

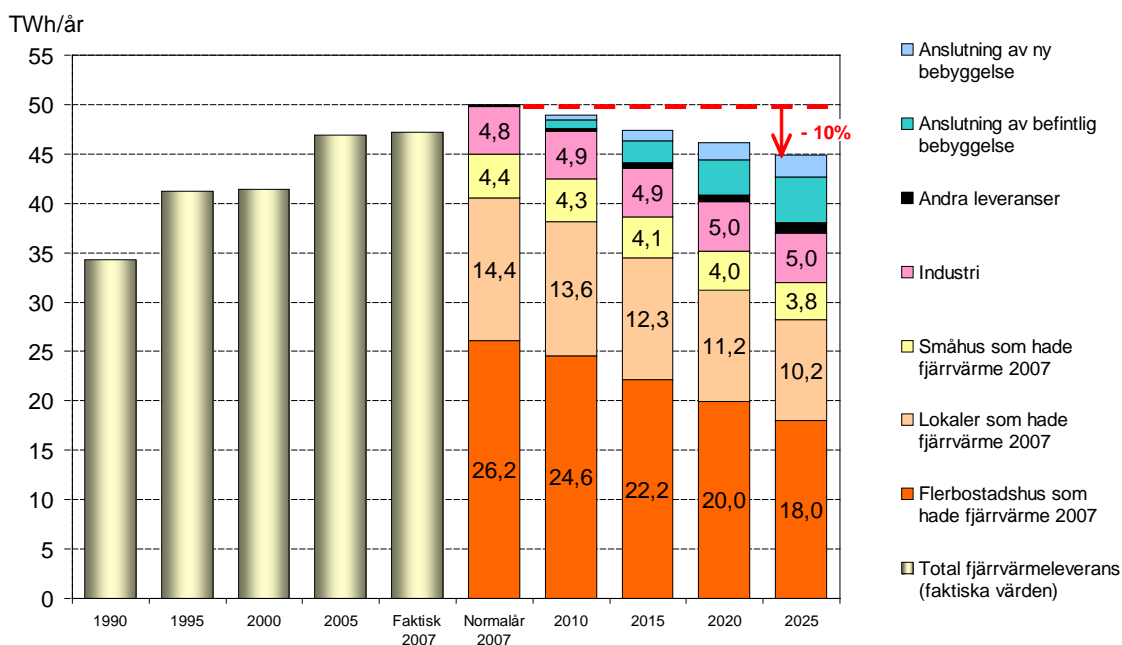
Som beskrivits i problembeskrivning har utbyggnaden av avfallsförbränning varit kraftig i Sverige under den senaste tioårsperioden. Detta innebär att mängden avfall till förbränning vuxit från 2,5 miljoner ton till nästan 5 miljoner ton under perioden 2000-2009 [1]. Sett ur ett fjärrvärmeperspektiv har avfallsbränslets andel av den totala bränsleförbrukningen under samma period ökat från 11 till 19 %, vilket framgår av Figur 2. Här framgår också att avfall funnits med i bränslemixen redan år 1981 och då faktiskt var vanligare än biobränslen. Av figuren framgår också att man under åren 1981-2001 minskade användningen av fossila bränslen kraftigt. Detta skedde genom att man utökade användningen av ett flertal olika alternativ, däribland värmepumpar, spillvärme, biobränsle och torv. Under perioden därefter har användningen av biobränslen kommit att öka mycket kraftigt, vilket lett till ett stort beroende av biobränsle för produktionen av fjärrvärme. Fortfarande år 2009 användes en betydande andel fossila bränslen för produktion av fjärrvärme. Det är rimligt att anta att denna kommer att minska ytterligare framöver till förmån för alternativ som avfallsbränslen, biobränslen eller spillvärme.



Figur 2. Insatt bränsle för värme- och elproduktion (kraftvärme) i svenska fjärrvärmesystem. Insatt bränsle för spillvärme är räknat som 1 MWh bränsle/1 MWh värme. Cirklarnas storlek är proportionerlig med den totala bränsleanvändningen för det aktuella året [2].

Figure 2. Fuels used in the Swedish district heating system in heat only boilers and in combined heat and power plants. The size of the circles correspond to the total amount of fuels used [2].

Som också har beskrivits i problembeskrivningen finns det idag en tro om en vikande efterfrågan på fjärrvärme framöver. Belägg för detta samt en kvantifiering ges i [3] och huvudresultatet från den utredningen framgår av Figur 3. Figuren visar hur efterfrågan på fjärrvärme vuxit under den åskådliggjorda perioden (1990-2007). Framöver förväntas dock ett flertal faktorer leda till en totalt sett minskad efterfrågan. Den viktigaste faktorn utgörs av att dagens fjärrvärmekunder förväntas effektivisera sin energianvändning. Utöver detta råder konkurrens med olika typer av värmepumpar som i vissa fall kommer att ersätta fjärrvärme som uppvärmningsalternativ. Samtidigt gäller att det idag inte finns mycket befintlig bebyggelse kvar som är ekonomiskt realiserbar att knyta till fjärrvärme samt att tillkommande ny bebyggelse har ett mycket litet uppvärmningsbehov. Anslutning av dessa täcker därmed inte upp den förväntade minskade efterfrågan från befintliga kunder.



Figur 3. Historisk samt prognostiserad efterfrågan på fjärrvärme totalt för Sverige. Gula staplar redovisar historik. "Normalår 2007" är värmefterfrågan korrigerad mot årstemperaturen [3].

Figure 3. Historic (1990-2007) and future (2007-2025) demand for district heat in Sweden.

3 Modeller

I detta kapitel beskrivs på en generell nivå vilka tekniska system som systemstudien omfattar samt vilka modeller som har nyttjats i analysen.

3.1 Systemavgränsning

Analyserna i detta projekt sker inom det stationära energisystemet vilket i detta avseende inkluderar produktion av el, fjärrvärme och processånga samt slutlig energianvändning inom bostäder, service och industri. Avfallsförbränning har i detta avseende helt setts som en del av energisystemet. Geografiskt avgränsas analysen till det nordiska systemet med kopplingar till kraftmarknaden i Tyskland och Polen. Konsekvenser i avfallssystemet som omnämns i detta projekt har hämtas från resultat i de andra delprojekten inom projektet "Perspektiv på Framtida Avfallsbehandling" (se vidare under 4.1 Centrala indata och antaganden).

3.2 MARKAL

MARKAL (MARKet Allocation) togs fram i början av 80-talet i ett samarbete mellan Brookhaven National Laboratory i USA och Kernforschungszentrum Jülich i Tyskland. MARKAL-modellen har nått en unik spridning över hela världen varför en stor samlad erfarenhet av MARKAL-användning finns tillgänglig. En avgörande styrka med MARKAL är den internationella organisation ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Programme) som sedan 1977 handhar modellen och dess utveckling. ETSAP i sin tur är resultatet av ett "implementing agreement" inom IEA.

Energisystemet i MARKAL-modellen beskrivs utifrån referensenergikonceptet (RES). Konceptet illustrerar energiflöden från utvinning av bränslen och råvaror via omvandling för kraft- och fjärrvärmegenerering till slutlig användning av bränslen, el och fjärrvärme i en rad olika sektorer, exempelvis hushåll och industrier.

Det som driver hela modellen är behovet av energi i olika sektorer. Detta energibehov uttrycks som antingen ett behov av nyttig energi eller ett behov av slutlig energi. Nyttig energi definieras som själva energitjänsten, exempelvis att ha 20°C inomhus. I modellen är emellertid dessa 20°C uttryckta som en energimängd, ex MWh, baserade på uppgifter om effektbehovet i W/m² för att erhålla just 20°C. En inomhustemperatur på 20°C kan åstadkommas med en oljepanna, elvärme eller en kombination av energitillförsel och energibesparing. I det sistnämnda fallet minskar därmed den slutliga energin till följd av besparingen. Den slutliga energin definieras därmed som den faktiska användningen av energibärare. I modellen är exempelvis behovet av hushållsel snarare uttryckt som ett slutligt energibehov eftersom det inte är lika meningsfullt att tala om nyttig energi i detta fall.

Teknikerna beskrivs i modellen med investeringskostnader, kostnader för drift och underhåll, livslängd, verkningsgrad, tillgänglighet och utsläppsdata (ex koldioxid, svavel och kväveoxider).

I MARKAL finns en lastkurva för el och fjärrvärme som beskriver den årliga variationen. Elanvändningen är uppdelad i sex årliga tidssteg medan fjärrvärmeanvändningen representeras av tre.

Modellen är dynamisk i bemärkelsen att upp till nio individuella, men av varandra beroende tidssteg (modellår) kan beskrivas. Generellt är tidshorizonten 20-50 år fram i tiden.

Modellen bygger på linjärprogrammering, d v s. en matematisk algoritm för att lösa optimeringsproblem där målfunktion (den som ska optimeras) och randvillkor är uttryckta som linjära ekvationer. Målfunktionen är generellt den diskonterade totala systemkostnaden och skall minimeras. En alternativ målfunktion kan exempelvis vara emissioner. Randvillkor kan exempelvis utgöras av verkningsgrader för en viss typ av anläggning, miljökrav, kraftöverföringsförbindelser mellan länder, energianvändning i en viss sektor mm. Lösningen på en MARKAL-beräkning är med andra ord den kombination av tekniker i hela kedjan, från bränsleutvinning eller import via omvandling till exempelvis el och fjärrvärme, till slutlig användning som uppfyller den lägsta totalkostnaden uttryckt i diskonterat nuvärde.

Inom detta projekt har en MARKAL-modell med namnet MARKAL-NORDIC använts. Denna modell omfattar en beskrivning av de stationära energisystemen i de fyra nordiska länderna Sverige, Norge, Finland och Danmark. Med det stationära energisystemet avses produktion av el, fjärrvärme och processånga samt slutlig energianvändning inom bostäder, service och industri. Dessutom ingår en något förenklad beskrivning av Tysklands och Polens elproduktion. Samtliga länder är i modellen förbundna med varandra via elöverföringsförbindelser som kan utökas genom nyinvesteringar.

I MARKAL-NORDIC ingår omkring 80 användarsektorer (t ex uppvärmning i enfamiljshus i Finland, energianvändning inom järn- och stålbranschen i Norge, driftel inom servicesektorn i Sverige och energianvändning inom det danska jordbruket). Varje sektor beskrivs med ett energibehov i slutlig eller nyttig energi samt en grov lastkurva för detta behov.

MARKAL-NORDIC beskriver utvecklingen i energisystemen, givet ett stort antal randvillkor och antaganden, från idag och fram till 2050. Särskild vikt har lagts vid beskrivningen av de existerande energi- och koldioxidskatterna, det europiska handelssystemet för utsläppsrätter samt stödssystem för förnybar energi som t ex det svenska elcertifikatsystemet.

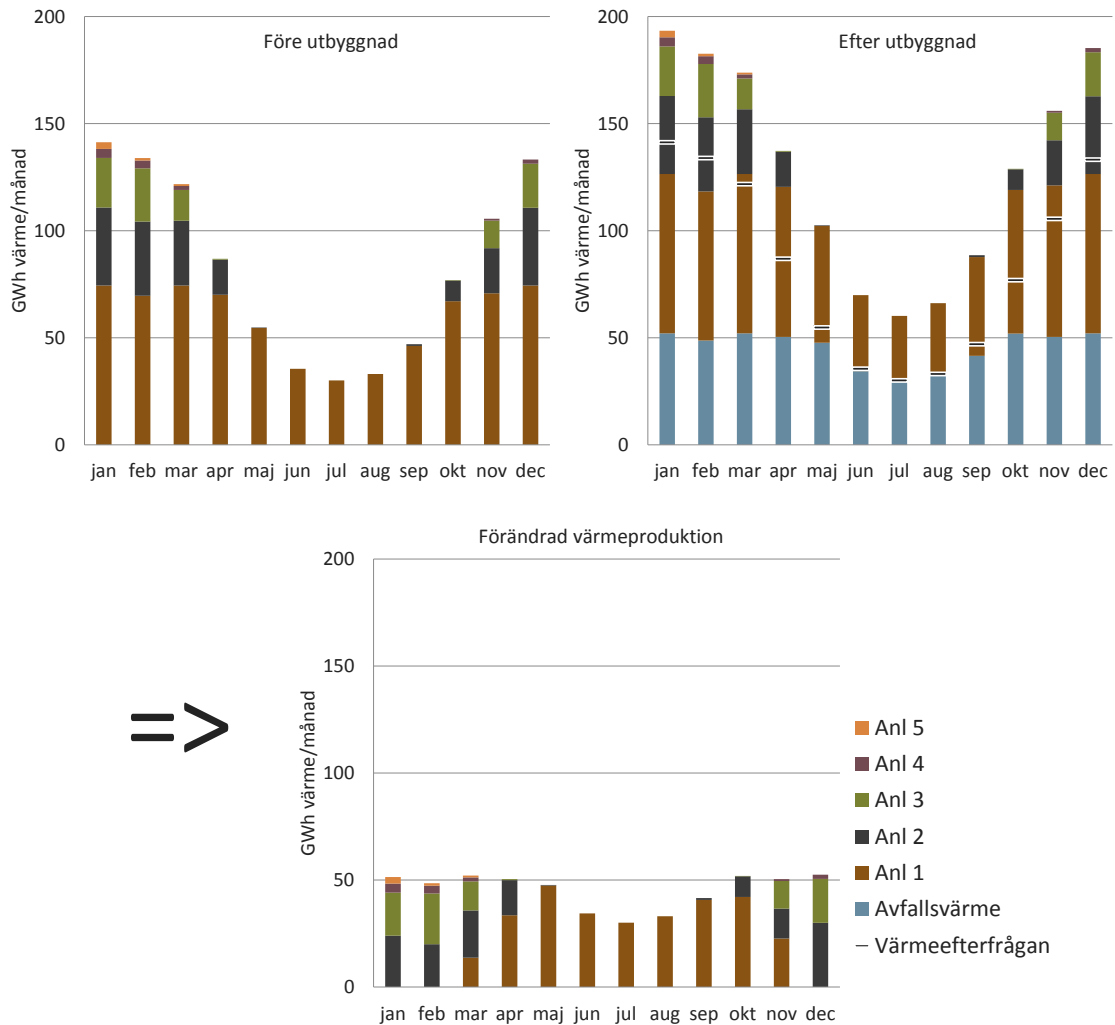
Modellverktyget MARKAL-NORDIC handhas och uppdateras av Profu.

3.3 NOVA

När avfallsförbränningen ökar eller minskar i Sverige kommer andra former av fjärrvärmeproduktion att påverkas. Anledningen är att fjärrvärmefterfrågan är oberoende av mängden värme som produceras genom avfallsförbränning. Vad den alternativa värmeproduktionen utgörs av är olika från ett fjärrvärmesystem till ett annat. Alternativet varierar också kraftigt under året. I vissa system har man idag ett överskott av värme sommartid, vilket innebär att alternativet är att inte generera någon värme alls. Under vintertid är det vanligtvis dyrare alternativ såsom pellets, olje- och elpannor som är alternativet till avfallsbränslet.

För att bedöma vilken fjärrvärmeproduktion som påverkas av tillkommande avfallsförbränning använder vi här en modell som ursprungligen tagits fram inom forskningsprojektet Nordic Energy Perspectives och vidareutvecklats inom detta projekt. Modellen (NOVA) utgår ifrån officiell statistik över värmeproduktionen i alla Sveriges fjärrvärmesystem. Denna har använts för att bygga upp månadsvis statistik över fjärrvärmeproduktionen för vart och ett av Sveriges fjärrvärmesystem.

I Figur 4 ges en schematisk beskrivning av beräkningen i NOVA-modellen. I diagrammet uppe till vänster presenteras värmeproduktionen per månad i ett typiskt fjärrvärmesystem ("Före utbyggnad"). Anläggningarna är sorterade efter kostnadsordning, dvs "Anl 1" har den lägsta rörliga produktionskostnaden och "Anl 5" den högsta. I diagrammet uppe till höger har värmeproduktion från en ny avfallsförbränningsanläggning tillkommit ("Efter utbyggnad"). Då denna har låg rörlig produktionskostnad placeras den längst ned i stapeldiagrammet. Övrig produktion skjuts uppåt. Eftersom värmefterfrågan inte förändras kommer produktionen som hamnar ovanför "värmefterfrågan" (svart linje) att motsvara det som ersätts av avfallsvärmen (vilket redovisas i diagrammet längst ned, "Förändrad värmeproduktion").



Figur 4. Schematisk beskrivning av förändrad värmeproduktion vid uppförande av avfallsförbränning i ett fjärrvärmesystem med hjälp av NOVA-modellen.

Figure 4. Schematic description of change of heat production during construction of waste incineration in a district heating system by using the NOVA model.

I och med att modellen innehåller uppgifter om vilken typ av anläggning som påverkas av tillkommande avfallsförbränning kan man beräkna såväl bränsleanvändning som kostnader för denna produktion. Modellen har därmed använts för att beskriva kostnaden och utsläppen som uppstår när avfallsförbränningen minskar eller ökar. För beräkningarna har prognostiserade värden för år 2020 för bränsle-, el-, certifikat- och utsläppsrättspriser samt för övriga skatter och avgifter använts.

4 Metodik

I kapitlet beskrivs centrala indata och antaganden samt metodiken för analys av modellår 2020 och 2030 samt analys av klimatpåverkan.

4.1 Centrala indata och antaganden

Fjärrvärmeproduktionen år 2009 i de 16 fjärrvärmesystem som studeras med NOVA-modellen är baserad på officiell statistik från Svensk Fjärrvärme [4]

Fjärrvärmeproduktionen år 2009, för hela Sverige, fungerar som startår i MARKAL-modellen och baseras på icke officiell statistik från Energimyndigheten.

Användningen av industriell spillvärme i de svenska fjärrvärmesystemen har antagits vara konstant under den studerade perioden fram till år 2030. Troligen kommer nya spillvärmesamarbeten att komma till stånd under perioden. Samtidigt finns ständigt risken att industrier kommer att läggas ned eller flyttas, vilket då leder till bortfall av spillvärme till fjärrvärmenäten.

För analysen har det krävts en uppskattning av ekonomiskt lönsam utbyggnad av avfallsförbränningskapacitet till år 2030. Nivån har satts till 60 % av det totala energibehovet i fjärrvärmesystemet, vilket ungefär motsvarar 30 % av maximalt effektbehov. Utnyttjningstiden för en anläggning som uppnår dessa nivåer uppgår till någonstans kring 7000-7500 timmar om året. Vid en ökad andel avfallsförbränning sjunker drifttiden ytterligare, vilket försämrar lönsamheten i en investering. Idag finns ett antal system där avfallsförbränningen når upp till denna nivå. I dessa fall har man uppnått nivån genom att investera i ny avfallsförbränningskapacitet när man samtidigt har äldre anläggningar baserade på avfallsbränsle. De äldre anläggningarna som är avbetalda kan skjutas uppåt i produktionsordningen och ges en kortare utnyttjningstid, medan den nya anläggningen blir ny baslast. På längre sikt kan man tänka sig ytterligare en större andel avfallsförbränning. För detta krävs dock högre intäkter för avfallsbränslet än vad som idag prognostiseras samt en fortsatt process där äldre avfallspannor behålls och skjuts uppåt i produktionsordning i samband med investering i ny avfallsförbränning.

Planerad utbyggnad av avfallskraftvärme till år 2020 har kartlagts inom WR 35 delprojekt 1. Informationen från denna kartläggning har nyttjats i detta projekt.

Nyttillkommande anläggningar har antagits nyttja ett avfallsbränsle som motsvarar ett medelvärde för det bränsle som idag används i befintliga anläggningar. Detta innebär ett värmevärde på 3 MWh/ton (WR 35 delprojekt 2) samt ett utsläpp av växthusgaser vid förbränning motsvarande 370 kg CO₂-ekv/ton avfall [5]. Utsläpp av växthusgaser vid deponering av detta avfall har beräknats till 380 kg CO₂-ekv/ton avfall (WR 35 delprojekt 2). Avfallsbränslets sammansättning har inte varierats över tiden.

Tillkomst eller bortfall av elproduktion har värderats enligt metoden ”Långsiktig marginalet” vilken finns beskriven i bland annat [6]. Beräkningarna har uppdaterats för WR 35 och resulterat i en värdering motsvarande 670 kg CO-ekv/MWh_{el} (inklusive uppströms emissioner).

Med avfallsbränsle avses här blandat hushålls- och verksamhetsavfall samt utsorterat avfallsbränsle. Däremot inkluderas inte fraktionen returträflis. Denna inkluderas istället i kategorin biobränslen.

Utvecklingen för fjärrvärmeefterfrågan i Sverige har bestämts med utgångspunkt från resultat i [3]. Här uppskattas att efterfrågan nationellt sett kan minska med 10 % fram till år 2025. En fortsatt linjär minskning ger en total minskning mellan åren 2009-2030 på 13 %.

Vid analys av klimatpåverkan från avfallsförbränning har betraktelsesättet att biobränsle är en begränsad resurs införts. Detta innebär att den totala användningen av biobränslen i världen är begränsad på grund av att tillgången är begränsad. En ökad användning av biobränslen i ett system leder därmed automatiskt till att något annat system måste minska sin användning med motsvarande mängd. Denna situation existerar inte idag men man kan närma sig ett sådant läge framöver, givet att efterfrågan på biobränslen ökar till följd av ambitionerna att minska vår klimatpåverkan. Detta resonemang diskuteras idag bland forskare och det finns ännu ingen samstämmighet i hur man ska hantera denna problematik. Många forskare hävdar dock att det inte är möjligt att ersätta all användning av fossila bränslen med förnybar energi och att allt tillgängligt biobränsle därför kommer att utnyttjas som alternativ, d.v.s. biobränsle bör betraktas som en begränsad resurs. Man bör även komma ihåg att produktionen av biobränslen kan konkurrera med framställningen av andra råvaror som sågtimmer, massaved och livsmedelsproduktion. Kravet att tillgodose råvarutillförseln även till andra sektorer begränsar möjligheten att producera biobränslen, vilket ytterligare talar för att resursen är begränsad. Beräkningar har utförts för fallet där ett biobränsleeldat kraftvärmeverk utgör den alternativa värmeproduktionen. När en avfallspanna byggs, istället för en biobränslepanna, friställs biobränsle som kan nyttjas i någon annan anläggning. Den alternativa biobränsleanvändningen har här antagits ske genom export av biobränslet för samförbränning i en kolkondensanläggning. Biobränslet ersätter därmed kol. Exakt vad som skulle ersättas är en mycket svår fråga och beräkningarna skall därför främst ses som ett räkneexempel. Andra möjliga användningsområden för biobränslet skulle kunna vara i biobränsleeldade kraft(värme)verk eller som råvara för produktion av drivmedel.

4.2 Modellår 2020

Analysen av den ekonomiska potentialen för avfallsförbränning i de svenska fjärrvärmesystemen har genomförts för två olika modellår: år 2020 och 2030.

För år 2020 har utgångspunkten varit att de planer på ny avfallsförbränningskapacitet som identifierats inom WR delprojekt 1 kommer att genomföras. I detta fall har utbyggnaden alltså inte varit en okänd parameter utan en fastställd indata. Frågeställningen har istället varit; vilken fjärrvärmeproduktion som ersätter dessa planer samt vilken utveckling sker totalt för fjärrvärmeproduktionen, inkluderat de system där man idag inte planerar för ny avfallsförbränning? Den första frågan har analyserats med NOVA-modellen. Här har planerade nya avfallsförbränningsanläggningar placerats in i de aktuella systemen. Modellen har genom detta beräknat vilken fjärrvärmeproduktion som därigenom ersätts. Den förändrade bränsleanvändningen och elproduktionen har nyttjats för att beräkna konsekvenserna av utbyggnaden ur ett klimatperspektiv.

Vilken utveckling som sker totalt för fjärrvärmeproduktionen fram till år 2020, har analyserats med MARKAL-modellen. Även här har den kända utbyggnaden av avfallsförbränningen fram till år 2020 nyttjats som indata. Modellen har därmed lästs till att utbyggnaden ska vara varken större eller mindre än den planerade. Modellens resultat blir då hur fjärrvärmeproduktionen utvecklas fram till år 2020 givet utbyggnaden i avfallsförbränningskapacitet.

4.3 Modellår 2030

För analys av fjärrvärmeproduktionen år 2030 har utbyggnaden av avfallsförbränningskapacitet istället satts som okänd. Endast ett tak för avfallsförbränningskapaciteten baserad på vad som kan anses vara ekonomiskt lönsamt inom varje fjärrvärmesystem har ansatts (se vidare under ”Centrala indata och antaganden”). För analysen har MARKAL-modellen använts. Givet begränsningen i utbyggnaden av avfallsförbränningskapacitet har modellen beräknat fjärrvärmeproduktionen för år 2030.

4.4 Klimatpåverkan

För analys av klimatpåverkan från utbyggnaden av avfallsförbränning har två olika betraktelsesätt använts. I betraktelsesätt A studeras frågan: Hur påverkas utsläppet av växthusgaser från avfalls- och energisystemet av genomförandet av beslutade planer för ny avfallsförbränning? Detta innebär att det utbyggda systemet jämförs med dagens befintliga system, alternativa investeringar är inte aktuella i denna analys. Detta betraktelsesätt är i första hand tillämpligt där beslut om investering har fattats vilket, inom detta projekt stämmer väl med situationen fram till år 2020. Analysen sker med hjälp av resultat från NOVA-modellen.

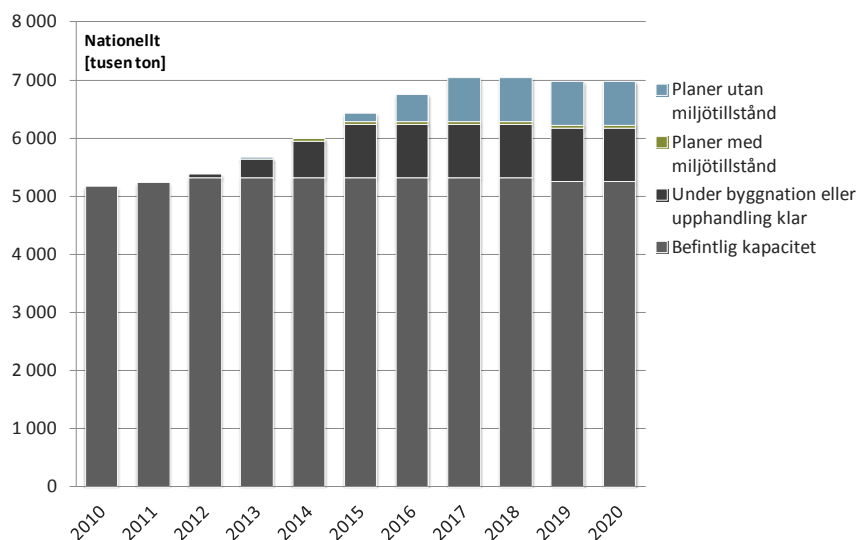
I betraktelsesätt B studeras frågan: Hur påverkas utsläpp av växthusgaser från avfalls- och energisystemet genom en fortsatt utbyggnad av avfallsförbränning, jämfört med en alternativ utveckling utan denna utbyggnad? Här jämförs således två alternativa utvecklingsvägar mot varandra, en med och en utan fortsatt utbyggnad av avfallsförbränning. Detta betraktelsesätt är främst tillämpligt innan några investeringsbeslut är fattade, vilket i detta fall stämmer väl överens med perioden 2020-2030. Analysen sker med hjälp av resultat från MARKAL-modellen.

5 Resultat

I detta kapitel beskrivs resultat uppdelat för åren 2020 och 2030. Resultaten visar hur utbyggnaden av avfallskraftvärme påverkar fjärrvärmeproduktionen i Sverige. Avslutningsvis beskrivs hur detta förändrar klimatpåverkan från fjärrvärme- och avfallssystemet.

5.1 Förbränningskapaciteten 2020

I WR 35 delprojekt 1 har det ingått en kartläggning av svenska utbyggnadsplaner för avfallsförbränning. Man har funnit planer i totalt 16 fjärrvärmesystem som tillsammans beräknas ge ett tillskott av förbränningskapacitet på 1,8 miljon ton/år jämfört med år 2009. Alla dessa planer beräknas vara färdigställda till år 2020. Dessa har adderats till den befintliga kapaciteten för år 2009 och gett en total kapacitet år 2020 på 6,9 miljoner ton, se Figur 5. Av figuren framgår att de identifierade planerna befinner sig i olika stadier. De är under byggnation, har tilldelats miljötillstånd eller är endast en plan utan något tillstånd. Uppdelningen är ett sätt att bedöma sannolikheten att dessa planer blir verklighet. Historiskt sett kan man konstatera att någon/några planer brukar falla ifrån men att någon/några också tillkommer. I detta projekt har det fortsättningsvis bedömts att utbyggnaden till år 2020 motsvarar den identifierade mängden, dvs 1,8 miljoner ton. Även el- och totalverkningsgrader för planerade anläggningar har kartlagts. Detta visar att utbyggnaden förväntas leda till en ökad värme- och elproduktion från avfallskraftvärme motsvarande 3,9 respektive 1,2 TWh/år (år 2009 uppgick värme- och elproduktionen från avfallsförbränning till 12,3 respektive 1,7 TWh) [1].



Figur 5. Befintlig och planerad kapacitet för förbränning av avfall i Sverige (WR 35 delprojekt 1).

Figure 5. Existing and planned waste incineration capacity in Sweden (WR delprojekt 1).

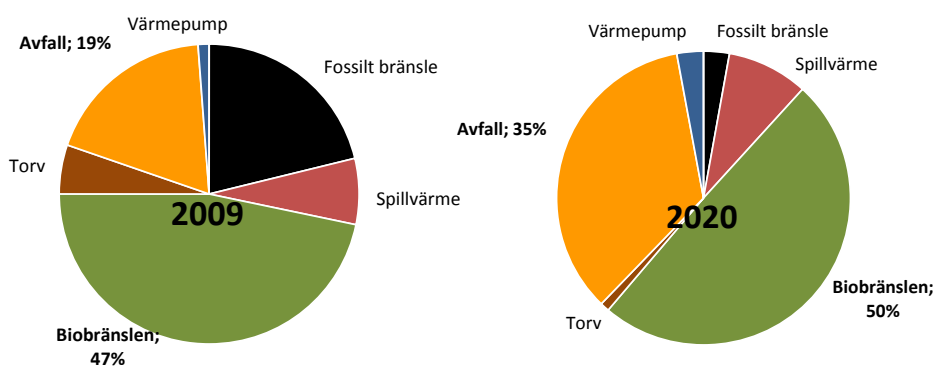
5.2 Fjärrvärmesystemen 2020

De identifierade utbyggnadsplanerna ovan kommer att placeras i 16 identifierade fjärrvärmesystem runt om i landet. Då fjärrvärmen idag inte förväntas öka, utan snarare avta något, kommer denna utbyggnad leda till att annan fjärrvärmeproduktion ersätts. Vad som ersätts är viktigt att analysera, inte minst ur klimatsynpunkt. Samtidigt ger det exempelvis information om huruvida biobränslemarknaden påverkas av utvecklingen för avfallsförbränning eller inte.

Analys av vilken fjärrvärmeproduktion utbyggnaden av avfallsförbränning ersätter har gjorts med de bägge modellerna MARKAL och NOVA. Den förstnämnda ger en övergripande bild över utvecklingen för hela fjärrvärmesektorn i Sverige, medan den senare ger en mer detaljerad bild över utvecklingen för de fjärrvärmesystem som direkt påverkas av utbyggnaden av avfallsförbränning. Nedan beskrivs först resultat på nationell nivå beräknade med modellen MARKAL (Figur 6). Därefter beskrivs konsekvenserna för de 16 direkt påverkade fjärrvärmesystemen beräknade med modellen NOVA (Figur 7-9).

MARKAL-modellen har år 2009 som startår eftersom det är det senaste år då det finns tillförlitlig statistik. Andelen avfallsbränslen år 2009 uppgick till 19 %. Här kan alltså noteras att referensåret i MARKAL utgår från en något lägre andel avfallsbränslebaserad produktion i fjärrvärmesystemet än motsvarande situation idag (2012). Detta leder till att skillnaderna i värmeproduktion mellan nuläge och år 2020 blir något mindre än i jämförelsen mellan 2009 och 2020.

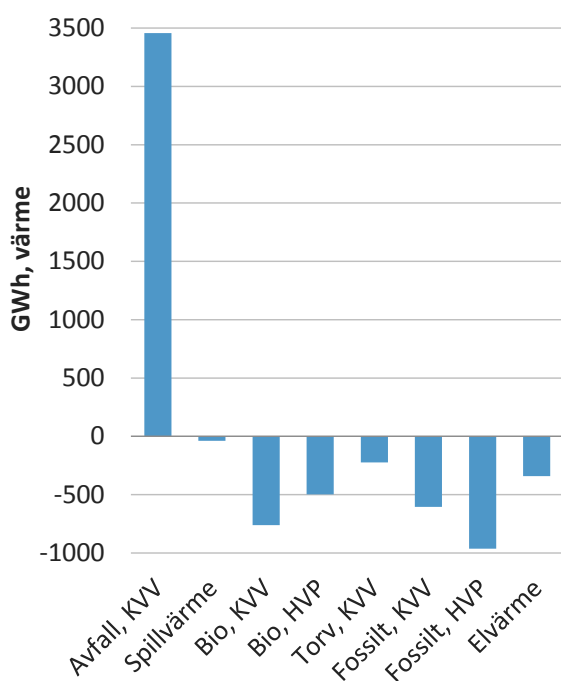
För analysen av år 2020 har MARKAL kalibreras mot identifierade utbyggnadsplaner av avfallskraftvärme. Detta innebär att mängden avfallsförbränning, 6,9 miljoner ton år 2020, satts som indata. Därefter har MARKAL beräknat en bränslemix för fjärrvärmeproduktionen totalt i Sverige år 2020. Av Figur 6 framgår andelen insatt bränsle för värme- och elproduktion i de svenska fjärrvärmesystemen åren 2009 och 2020. Här framgår att utbyggnaden av avfallskraftvärme leder till att andelen avfallsbränslen i fjärrvärmesystemen växer från 19 till 35 %. Även om andelen biobränslen ökar något så minskar användningen i absoluta tal med cirka 4 TWh/år. Procentuellt sett minskar användningen främst för fossilt bränsle (från 21 till 3 %) samt torv (5 till 1 %). Det totala värmebehovet förväntas under perioden minska med 5 %, samtidigt som bränsleanvändningen minskar med 16 %.



Figur 6. Insatt bränsle för värme- och elproduktion (kraftvärme) i svenska fjärrvärmesystem. Insatt bränsle för spillvärme är räknat som 1 MWh bränsle/1 MWh värme. Cirkelarnas storlek är proportionerlig med den totala bränsleanvändningen för det aktuella året. För år 2009 redovisas statistik, år 2020 redovisas resultat från MARKAL-modellen.

Figure 6. Fuels used in the Swedish district heating system in heat only boilers and in combined heat and power plants. The sizes of the circles correspond to the total amount of fuels used. Year 2009 presents statistics, while data for year 2020 are calculated by the MARKAL model.

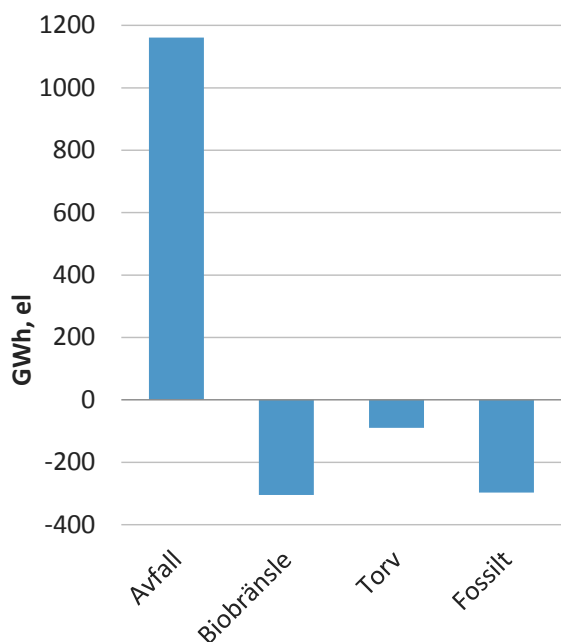
I NOVA-modellen finns alla fjärrvärmesystem i Sverige beskrivna var för sig. Detta möjliggör studier av hur utbyggnaden av avfallsförbränning påverkar ett specifikt system. Här har analyser gjorts för de 16 system där avfallsförbränningen planeras att byggas ut. Resultaten redovisar därefter den samlade förändringen i de aktuella systemen. Referensåret för NOVA är 2009 (d.v.s. samma referensår som i MARKAL-modellen). Den samlade värmeproduktionen i de system där avfallskraftvärme idag byggs ut förändras enligt Figur 7. Här framgår att utbyggnaden ersätter en mix av olika bränslen och anläggningar. I biobränsleeldade anläggningar minskar värmeproduktionen med 1,2 TWh/år, och i fossileldade är minskningen 1,7 TWh/år. Observera att utbyggnaden av 1,8 miljoner ton avfallskraftvärme trycker undan värmeproduktion från 0,2 miljoner ton befintlig avfallsförbränning (kraftvärme och hetvatten). Netto ges således ett tillskott motsvarande 1,6 miljoner ton avfallsbränsle.



Figur 7. Förändring av värmeproduktionen i de 16 system som berörs av planerad utbyggnad av avfallskraftvärme till år 2020 (jämfört med år 2009). Resultat från NOVA-modellen.

Figure 7. Change of district heat production in the 16 systems affected by the planned expansion of waste incineration by 2020 (compared to the year 2009). Results from the NOVA model.

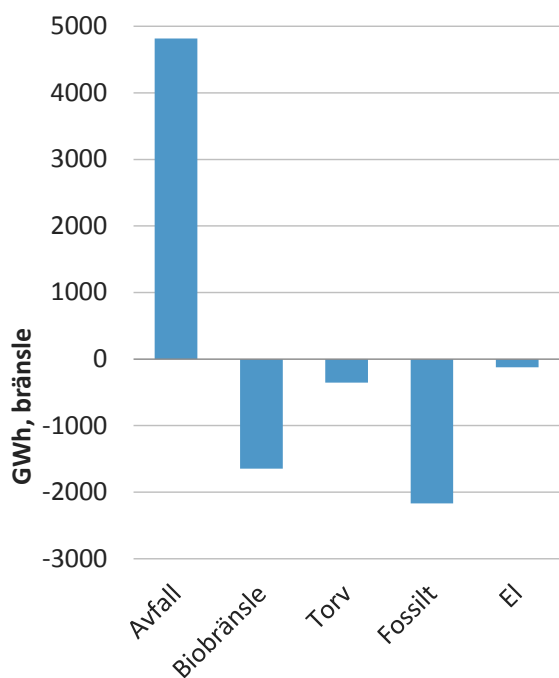
Alla tillkommande avfallsförbränningsanläggningar planeras att byggas som kraftvärmeverk. Detta ger som beskrivits tidigare ett tillskott på 1,2 TWh el per år. Samtidigt består en del av den värmeproduktion som trycks undan enligt Figur 7 av kraftvärme. Elproduktionen uppdelat på bränsleslag förväntas därför förändras enligt Figur 8. Man kan notera att tillkommande elproduktion från avfallsförbränning stannar något under 1,2 TWh. Orsaken är att en liten andel befintlig avfallskraftvärme trängs undan av ny avfallskraftvärme. Netto beräknas elproduktionen från fjärrvärmesektorn öka med 0,5 TWh/år till följd av tillkommande avfallskraftvärme.



Figur 8. Förändrad elproduktion i de 16 system som berörs av planerad utbyggnad av avfallskraftvärme till år 2020 (jämfört med år 2009). Resultat från NOVA-modellen.

Figure 8. Change of electricity production from the 16 district heating systems affected by the planned expansion of waste incineration by 2020 (compared to the year 2009). Results from the NOVA model.

Förändringen av bränsleförbrukning inom fjärrvärmesektorn ges som en följd av den förändrade värme- och elproduktionen. Av Figur 9 framgår att mängden avfallsbränsle förväntas öka med 4,8 TWh/år, medan övriga bränslen minskar med 4 TWh/år. Nettoökningen av bränsleanvändningen (0,8 TWh/år) beror främst på att hetvattenpannor byts ut mot kraftvärmeverk. Här bör också noteras att NOVA-modellen endast studerar konsekvenser i de fjärrvärmesystem som direkt berörs av utbyggnaden av avfallskraftvärme, medan MARKAL-modellen studerar utvecklingen för alla Sveriges fjärrvärmesystem. MARKAL-modellen ger därmed också en fullständig bild på nationell nivå över den förändrade bränsleanvändningen inom fjärrvärmesektorn.



Figur 9. Förändrad bränsleförbrukning i de 16 system som berörs av utbyggnad av avfallskraftvärme till år 2020 (jämfört med år 2009). Resultat från NOVA-modellen.

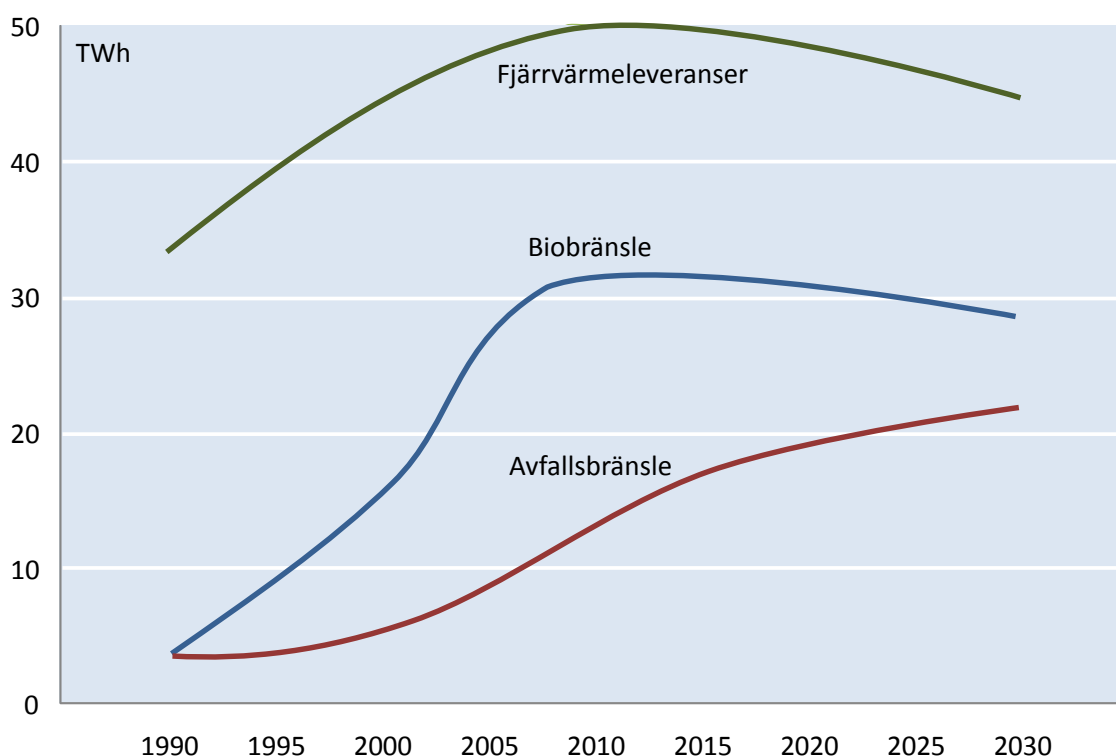
Figure 9. Change of fuels used in the 16 district heating systems affected by the planned expansion of waste incineration by 2020 (compared to the year 2009). Results from the NOVA model.

5.3 Förbränningskapaciteten 2030

För perioden 2020-2030 känner vi idag inte till några utbyggnadsplaner för avfallskraftvärme. Därför har vi fått förlita oss till de resultat som tas fram med MARKAL-modellen. Den möjliga utbyggnaden i modellen har begränsats med ett tak, vilket beskrivits i kapitel 4.1 *Centrala indata och antaganden*. Utöver det har modellen själv tillåtit välja den utbyggnad av avfallskraftvärme som ger den lägsta systemkostnaden. Av resultatet framgår att modellen anser det ekonomiskt lönsamt att bygga ut avfallsförbränningen upp till det satta taket. Detta ger en kapacitetsutbyggnad under perioden motsvarande 0,7 miljoner ton avfall, upp till 7,6 miljoner ton.

5.4 Fjärrvärmesystemen 2030

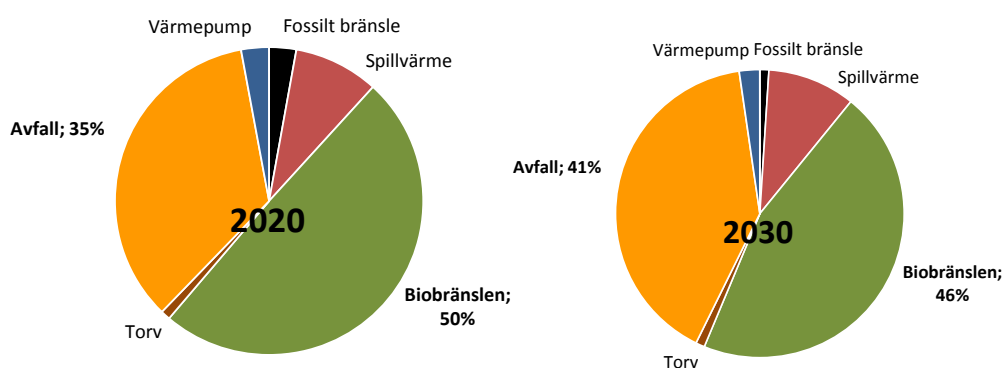
I Figur 10 redovisas utvecklingen för fjärrvärmeleveranser samt avfall- och bibränsleanvändningen i svenska fjärrvärmesystem under perioden 1990-2030. Såväl historik som prognos är hämtade från MARKAL. Att fjärrvärmeleveranserna bedöms minska något framöver utgör indata till modellen och baserar sig på [3]. Utvecklingen för användningen av avfallsbränslen fram till år 2020 har beskrivits i kapitel 5.1.1. Konsekvenser för fjärrvärmesystemet. Under perioden fram till år 2030 byggs avfallskraftvärmen ut upp till det tak som beskrivits ovan. Figuren illustrerar vidare hur bibränsleanvändningen kläms mellan minskade fjärrvärmeleveranser och en ökad användning av avfall som bränsle. Detta resulterar i att användningen av bibränslen förväntas sjunka med 4 TWh under perioden 2020-2030.



Figur 10. Utvecklingen av framtida fjärrvärmeleveranser samt användningen av bio- och avfallsbränslen för värme- och elproduktion i svenska fjärrvärmesystem. Observera att linjerna inte är staplade samt att redovisad bränsleanvändning även inkluderar användning för elproduktion i kraftvärmeverk.

Figure 10. The development of future district heating supplies and the use of bio- and waste fuels for heat and electricity production in Swedish district heating system. Please note that the lines are not stapled and that the presented fuel consumption includes consumption for electricity generation in combined heat and power plants.

I Figur 11 redovisas hela bränslemixen för den svenska fjärrvärmeproduktionen för åren 2020 och 2030. Redan i diagrammet för 2020 kan man konstatera att en fortsatt utbyggnad av avfallskraftvärme måste resultera i en minskad användning av biobränslen (givet att mängden spillvärme i systemet ska hållas konstant, se kapitel 4.1 Centrala indata och antaganden). Detta då användningen av fossila bränslen, torv och el redan är kraftigt begränsad. Jämför man de båda diagrammen kan man också konstatera att just detta sker. Visserligen minskar användningen av värmepumpar och fossila bränslen något, men i huvudsak ersätts biobränslen.



Figur 11. Insatt bränsle för värme- och elproduktion i svenska fjärrvärmesystem. Insatt bränsle för spillvärme är räknat som 1 MWh bränsle/1 MWh värme. Cirklarnas storlek är proportionella mot den totala bränsleanvändningen för det aktuella året. Resultat från MARKAL-modellen.

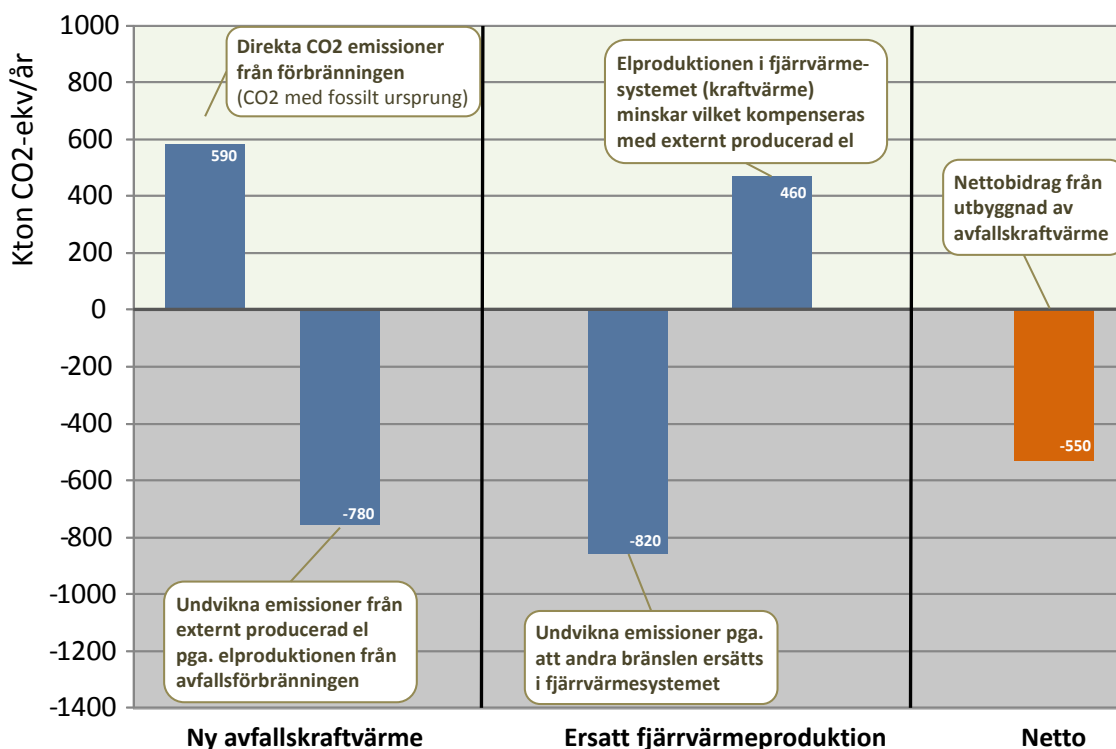
Figure 11. Fuels used in the Swedish district heating system in heat only boilers and in combined heat and power plants. The sizes of the circles correspond to the total amount of fuels used. Results from the MARKAL model.

En alternativ analys har genomförts med MARKAL där taket för utbyggnaden av avfallskraftvärme satts till nivån år 2020. Detta för att studera frågan: Vad sker i systemet fram till år 2030 om inte avfallskraftvärmen byggs ut? Resultatet pekar på att biobränsleanvändningen i detta fall hålls uppe på en nivå motsvarande år 2020. Medan användningen av värmepumpar och fossilt bränsle minskar i samma omfattning som när avfallskraftvärmen tillåts byggas ut. Minskningen av värmepumpar och fossila bränslen kan i huvudsak hänföras till den minskade fjärrvärmefterfrågan, snarare än till utbyggnaden av alternativ produktion. Slutsatsen blir att utbyggnaden av avfallskraftvärme under perioden 2020-2030 i huvudsak ersätter biobränslekraftvärme. Att MARKAL-modellen i den första analysen väljer avfallskraftvärme innebär att detta är den mest kostnadseffektiva utvecklingen (givet de indata som bestämts för analysen). Att istället välja biokraftvärme ger i detta fall en något högre systemkostnad.

5.5 Klimatpåverkan fram till 2020

För analysen av klimatpåverkan fram till 2020 har följande fråga studerats: Hur påverkas utsläppet av växthusgaser från avfalls- och energisystemet av genomförandet av beslutade planer för ny avfallsförbränning? Detta definierats som betraktelsesätt A (för utförligare beskrivning se kapitel 4.4 Klimatpåverkan).

För analysen har resultat från NOVA-modellen med sikte på år 2020 använts. I Figur 12 presenteras det förändrade utsläppet av växthusgaser till följd av den planerade utbyggnaden av avfallskraftvärme (1,6 miljoner ton avfallsbränsle/år i tillkommande kapacitet). För beräkningen har den beräknade förändringen av bränsleanvändning och elproduktion inom fjärrvärmesystemen använts. Till detta har analyser av vad ny elproduktion ersätter inom det nordiska elsystemet (metodikerna beskrivs i [6]) inkluderats. Av figuren framgår att den planerade utbyggnaden av avfallsförbränning beräknas minska utsläppen av växthusgaser inom energisystemet med 550 000 ton CO₂-ekv/år. Minskningen fördelar sig i stort sett jämt mellan fjärrvärme- och elsystemet.

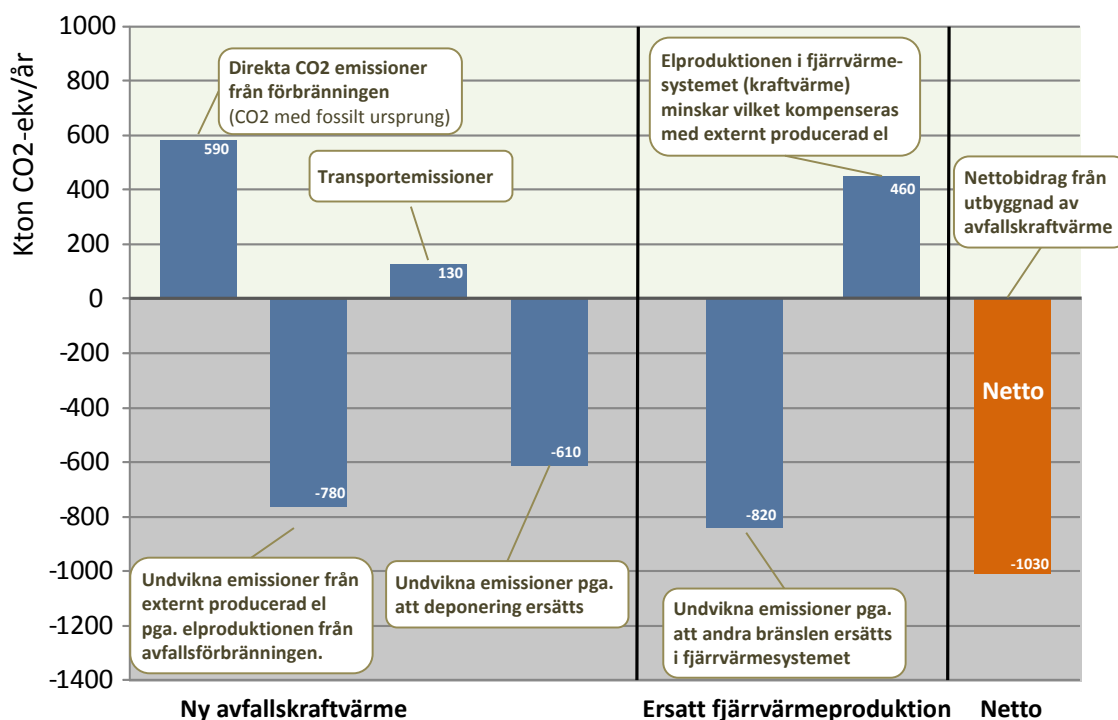


Figur 12. Förändrade utsläpp av växthusgaser inom energisystemet för den planerade utbyggnaden av 1,8 miljoner ton avfallskraftvärme i Sverige fram till år 2020 (jämfört med år 2009), enligt betraktelsesätt A.

Figure 12. Changes in greenhouse gas emissions within the energy system for the planned expansion of 1,8 million tons of waste incineration in Sweden by 2020 (compared to the year 2009), according to approach A.

För att beskriva en fullständig bild av konsekvenserna för utsläppet av växthusgaser vid utbyggnaden av avfallskraftvärme krävs att också avfallssystemet inkluderas. Hur detta påverkas har bland annat studerats i [7]. Här framgår att utbyggnaden av avfallskraftvärme till år 2020 kommer att leda till en ökad import av brännbart avfall. Den alternativa hanteringen i exportländerna är att deponera detta avfall, vilket leder till utsläpp av växthusgasen metan (mer om den alternativa hanteringen finns att läsa i WR 35 delprojekt 1). För importen krävs dock att avfallsbränslet transporteras till Sverige vilket leder till utsläpp från fossila bränslen. Bägge dessa effekter har lagts till beskrivningen ovan och presenteras i Figur 13. Här framgår att nettoeffekten av utbyggnaden av avfallskraftvärme i

både avfalls- och energisystemet är en minskning av utsläppet av växthusgaser motsvarande 1 030 000 ton CO₂-ekv/år. Värt att notera är att denna minskning kommer av planerade investeringar inom fjärrvärmebranschen som alla förväntas vara ekonomiskt lönsamma (i annat fall kommer de inte att genomföras). Detta innebär att man genom utbyggnaden av avfallskraftvärme kan uppnå ett minskat utsläpp av växthusgaser till en negativ kostnad.



Figur 13. Förändrade utsläpp av växthusgaser inom energi- och avfallssystemet, för den planerade utbyggnaden av 1,8 miljoner ton avfallskraftvärme i Sverige fram till år 2020 (jämfört med år 2009), enligt betraktelsesätt A.

Figure 13. Changes in greenhouse gas emissions within the energy and the waste system for the planned expansion of 1,8 million tons of waste incineration in Sweden by 2020 (compared to the year 2009), according to the approach A.

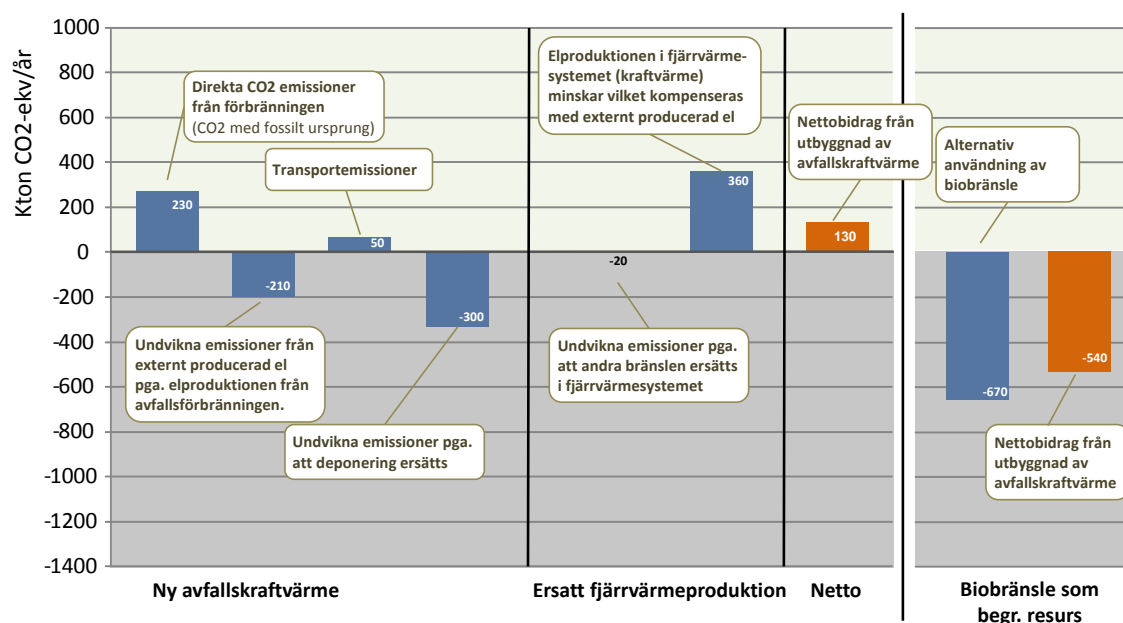
5.6 Klimatpåverkan fram till 2030

För analysen av klimatpåverkan fram till 2030 har följande fråga studerats: Hur påverkas utsläppet av växthusgaser från avfalls- och energisystemet genom en fortsatt utbyggnad av avfallsförbränning, jämfört med en alternativ utveckling utan denna utbyggnad? Detta definierats som betraktelsesätt B (för utförligare beskrivning se kapitel 4.4 Klimatpåverkan).

I analysen enligt betraktelsesätt B har resultat från MARKAL-modellen med sikte mot år 2030 utnyttjats. Resultatet från modelleringen visar att det mest kostnadseffektiva för fjärrvärme-systemet är att under perioden bygga ut avfallsförbränning motsvarande 700 000 ton avfallsbränsle per år. I ett alternativt scenario där utbyggnad av avfallsförbränning exkluderas som alternativ visar modellen att det näst mest kostnadseffektiva är att bibehålla och bygga ut biobränsleddade anläggningar. Klimatanalysen enligt betraktelsesätt B studeras därför skillnaden i utsläpp av växthusgaser från avfalls- och energisystemet vid utbyggnad av kraftvärme baserad på avfalls- respektive biobränsle.

I Figur 14 presenteras hur en utbyggnad av 700 000 ton avfallsförbränning påverkar utsläppet av växthusgaser jämfört med en motsvarande utbyggnad av biokraftvärme. Figuren är uppställd på samma sätt som ovan. Den stora skillnaden ges av det som ingår i ”Ersatt fjärrvärmeproduktion”. Då denna helt utgörs av biokraftvärme innebär detta att de direkta utsläppen är mycket små (endast utsläpp från uppströms aktivitet vid framtagandet av bränslet). Vidare har biokraftvärme en tydligt högre elverkningsgrad jämfört med avfallskraftvärme. Detta framgår av att stapeln för elproduktion som måste kompensera bortfall av produktion från biokraftvärme är större än stapeln för undvikta emissioner från externt producerad el. Netto ges att den mest kostnadseffektiva utvecklingsvägen med avfallskraftvärme ger 130 000 ton CO₂-ekv mer i utsläpp jämfört med alternativet med biokraftvärme.

I Figur 14 redovisas också hur resultatet påverkas av om biobränsle betraktas som en begränsad resurs, dvs att om inte biobränslet används inom den svenska fjärrvärmesektorn kommer det att nyttjas någon annanstans för att ersätta fossila bränslen. I detta fall har den alternativa användningen satts till inblandning av biobränsle i en kolkondensanläggning. Resultatet visar på att utvecklingsvägen med utbyggnad av avfallsförbränning ger 540 000 ton CO₂-ekv lägre utsläpp jämfört med alternativet med biokraftvärme. Att betrakta biobränsle som en begränsad resurs kan vara tveksamt idag, men med sikte mot år 2030 kan detta bli mer tillämpligt. Avgörande blir hur kraftigt omvärlden kommer att arbeta med omställningen av energisystemet.



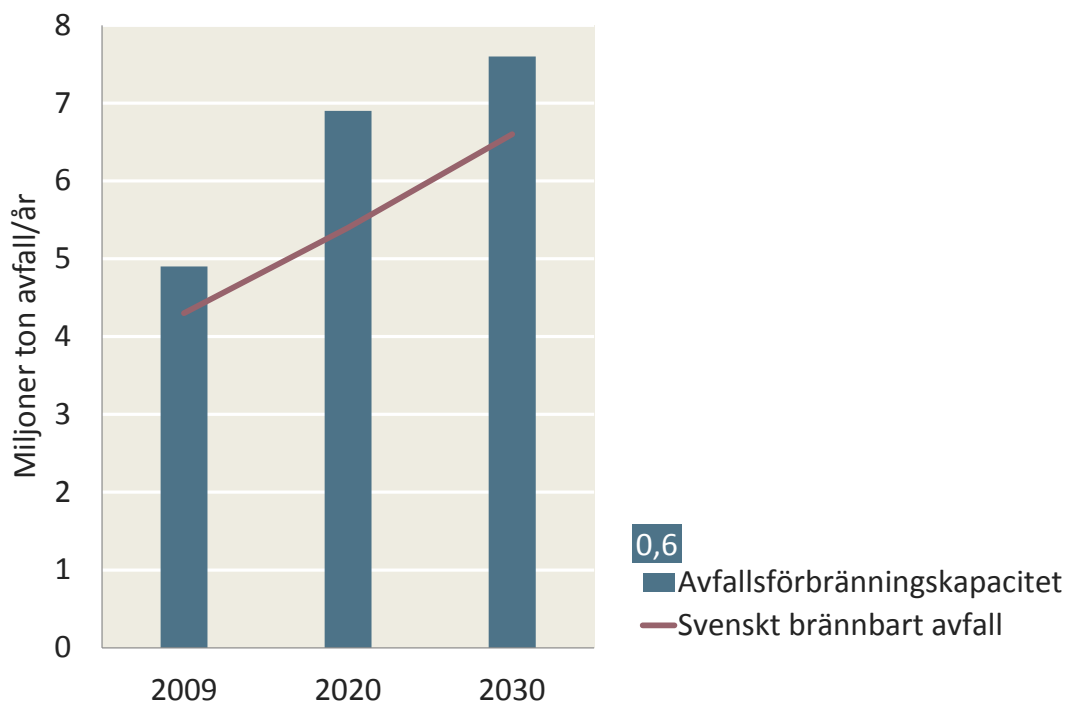
Figur 14. Förändrade utsläpp av växthusgaser inom energi- och avfallssystemet enligt betraktelsesätt B, utbyggnad under perioden 2020-2030 av kraftvärme baserad på avfallsbränsle jämfört med biobränsle. Resultatet redovisas med och utan betraktelsesättet med biobränsle som en begränsad resurs.

Figure 14. Changes in greenhouse gas emissions within the energy and waste system according to the approach B, expansion of waste incineration in comparison with biofuel, during the period 2020-2030. Results shown both with and without the approach of biofuel as a limited resource.

I samband med resultatet enligt Figur 14 bör nämnas att skillnaderna mellan att välja avfalls- eller biobränsle är relativt små i jämförelse med de osäkerheter som finns. Detta gäller exempelvis fossilinnehållet och innehållet av biologiskt nedbrytbart material i det avfall som kan komma att eldas i nya avfallsförbränningsanläggningar. Detta påverkar direkta CO₂-utsläpp samt utsläppet från deponering av detta avfall. Vidare är teknikutvecklingen avseende de två teknikerna bio- och avfallsförbränning viktiga för utfallet. Framförallt gäller detta skillnaderna i elverkningsgrad mellan teknikerna. Om skillnaden i prestanda minskar framöver kommer detta också att minska skillnaden i utsläpp av växthusgaser på systemnivå. Avslutningsvis gäller också att dessa både tekniker över tid har varit tämligen jämförbara i kostnadsnivå. Med dessa osäkerheter bör slutsatsen i första hand vara att utbyggnad av kraftvärme baserad på avfall eller biobränsle är två relativt likvärdiga tekniker sett ut ekonomiskt och klimatmässigt perspektiv (åtminstone så länge biobränsle inte är att betrakta som en begränsad resurs).

5.7 Import av avfallsbränsle

Den i projektet beräknade utbyggnaden av avfallsförbränning påverkar behovet av att importera avfallsbränsle till Sverige (i detta avses att uppförda avfallsförbränningsanläggningar behöver nyttjas fullt ut för att kunna täcka sina fasta kostnader, därmed uppstår ett behov av import). I WR 35 delprojekt 1 har man bland annat prognostiserat utvecklingen för mängden brännbart avfall som kommer att uppstå inom landet. Detta är i sig beroende av den ekonomiska utvecklingen i landet samt av utvecklingen av utsorteringen av avfall till materialåtervinning och biologisk behandling. För detta projekt har hämtats data för avfallsmängden givet en fortsatt historisk utveckling av mängden avfall samt att utsorteringen ligger kvar på dagens nivå (i delprojekt 1 återfinns flera känslighetsanalyser av dessa mängder). Genom att koppla samman detta med den beräknade utbyggnaden från detta projekt ges importbehovet enligt Figur 15. Här framgår att importbehovet kommer att öka från 0,6 miljoner ton år 2009 till omkring 1,5 miljoner ton år 2020. Under hela perioden 2020-2030 kommer importbehovet att vara betydande, men givet den något försiktigare utbyggnaden av avfallsförbränning som beräknats för perioden ges ett importbehov för år 2030 till 1 miljon ton avfallsbränsle. Att analysen visar på ett importbehov under hela perioden innebär samtidigt att behovet av avfallsförbränning för att behandla avfall som uppkommer inom Sverige kommer att kunna tillgodoses.



Figur 15. Prognostiserad utveckling för uppkommen mängd svenskt brännbart avfall och utbyggnad av avfallsförbränning samt resulterande importbehov.

Figure 15. Forecast for the amount of generated Swedish waste fuels, the capacity for waste incineration and the resulting need for import of waste fuels.

6 Slutsatser

1. Modellresultaten visar att avfallskraftvärme beräknas vara ett ekonomiskt konkurrenskraftigt alternativ för fjärrvärmeproduktion under hela den studerade perioden fram till år 2030. Tillgången på kapacitet att behandla brännbart avfall bedöms under hela perioden vara högre än behovet inom landet.
2. Mellan år 2009 och år 2020 bedöms mängden avfall som behandlas genom energiutvinning i Sverige att öka med 1,6 miljoner ton eller 30 %. Detta styrks av såväl modellresultat som sammanställningar över planerade kapacitetsutbyggnader.
3. Den ekonomiska potentialen för energiutvinning av avfall år 2030 beräknas till 7,6 miljoner ton (år 2009 är motsvarande siffra 5,1 miljoner ton). År 2020 beräknas kapaciteten uppgå till 6,9 miljoner ton.
4. Även efter år 2030 kan energiutvinning av avfall fortsätta att växa. Detta kommer då nästan uteslutande att ske på bekostnad av biokraftvärme. Orsaken är att fjärrvärmeproduktionen år 2030 beräknas utgöras av 85 % avfalls- och biokraftvärme, 10 % industriell spillvärme och endast 5 % värme från värmepump och fossila bränslen. Avgörande för en fortsatt utbyggnad av avfallskraftvärme blir därmed den ekonomiska konkurrenskraften gentemot biokraftvärme.
5. Utbyggnaden av avfallskraftvärme under perioden 2009-2020 leder till minskad användning av fossila bränslen och biobränsle i fjärrvärmesystemen. Den årliga elproduktionen från fjärrvärmesystemen ökar härigenom med 500 GWh. Totalt leder utbyggnaden till minskade utsläpp motsvarande 1 miljon ton CO₂-ekv/år.
6. Utbyggnaden av avfallskraftvärme under perioden 2020 till 2030 bedöms i första hand tränga undan biokraftvärme. I valet mellan avfalls- och biokraftvärme visar resultaten på en något bättre klimateffekt för biokraftvärme, men samtidigt en något högre kostnad. Vid en jämförelse mellan avfalls- och biokraftvärme är dock såväl kostnader som klimatresultat känsliga för valet av indata. En försiktig slutsats är därför att dessa bägge alternativ är jämförbara ur såväl kostnads- som klimatsynpunkt. Om biobränsle i framtiden blir en begränsad resurs kommer dock klimatnyttan att öka för avfallskraftvärme.
7. Mängden svenskt avfall som kräver behandling genom energiutvinning beräknas år 2020 att uppgå till 5,4 miljoner ton och år 2030 till 6,6 miljoner ton. Givet den utbyggnad av avfallskraftvärme som beräknats i detta projekt ges ett importbehov av brännbart avfall till 1,5 miljoner ton år 2020 och 1 miljon ton år 2030.

7 Rekommendationer och användning

Resultaten från projektet är viktiga för avfallsbranschen då de visar att nuvarande utbyggnad av avfallsförbränning är klimatmässigt försvarbar. Det är också viktigt för branschen att ha kunskap om att import av avfallsbränsle kommer att bli viktigt att arbeta med fram till år 2030, då utbyggnaden kan komma att fortsätta även efter år 2020. För detta krävs ökad kunskap inom branschen kring möjligheter för import från olika länder, logistiklösningar, ökad kunskap om bränslets kvalitet, m.m. Vidare krävs också en kommunikation kring för- och nackdelar med import av brännbart avfall. I WR 35 delprojekt 1 ges viktiga fakta kring flera av dessa frågor.

För fjärrvärmebranschen är de framtagna resultaten viktiga för att kunna göra strategiska analyser av branschens två viktigaste bränslen: avfalls- och biobränslen. Resultaten ger en bild av hur marknaderna för dessa bränslen kan utvecklas, något som är viktigt att ha i åtanke, bland annat vid ett investeringsskede.

Avslutningsvis bör resultaten som visar på en avmattning av efterfrågan på biobränslen från fjärrvärmesektorn vara av intresse för andra aktörer som intresserar sig för denna råvara. I första hand gäller detta bränsleleverantörer och skogsindustrin som till viss del konkurrerar om samma råvara. Men även nya användare av denna råvara bör vara intresserade av att se att den historiskt kraftiga efterfrågeökningen (som även lett till en kraftig prisuppgång) från fjärrvärmesektorn inte bedöms fortsätta. Dessa kan vara blivande producenter av förnybara fordonsdrivmedel, kemiindustrin som önskar ställa om till förnybara råvaror eller andra länder i Europa som önskar ställa om till ett förnybart energisystem. En möjlig fortsatt forskningsfråga är: Vem ska ta över som motor för efterfrågeökningen av den svenska råvaran biobränsle?

8 Litteraturreferenser

- [1] Avfall Sverige 2011, Svensk avfallshantering 2010
- [2] Svensk Fjärrvärme, www.svenskfjarrvarme.se
- [3] Svensk Fjärrvärme 2009, Fjärrvärmen i framtiden – behovet, Rapport 2009:21
- [4] Svensk Fjärrvärme 2010, Bränslen och produktion 2009.xls, <http://www.svenskfjarrvarme.se/Statistik--Pris/Fjarrvarme/Energitillforsel/>
- [5] Avfall Sverige 2012, Mätning av fossilandel i rökgas, Rapport F2012:06, ISSN 1103 4092
- [6] Elforsk 2008, Effekter av förändrad elanvändning/elproduktion – Modellberäkningar, Elforsk rapport 08:30
- [7] Avfall Sverige 2012, Assessment of increased trade of combustible waste in the European Union, Rapport F2012:04, ISSN 1103-4092



WASTE REFINERY

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
wasterefinery@sp.se
www.wasterefinery.se