

# KLIMATPÅVERKANSBEDÖMNING AV ENERGIEFFEKTIVISERING

**Magnus Österbring, Jenny Gode,  
Johanna Nilsson, Jonas Ottosson,  
Henrik Olsson, Lars Holmquist**

**2020-05-15**

## Förord

Arbetet har utförts av NCC tillsammans med IVL Svenska Miljöinstitutet och Göteborg Energi. Projektet har finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). Arbetsgruppen har bestått av Magnus Österbring och Henrik Olsson (NCC), Jenny Gode (IVL Svenska Miljöinstitutet), Johanna Nilsson (IVL Svenska Miljöinstitutet), Jonas Ottosson (IVL Svenska Miljöinstitutet) och Lars Holmquist (Göteborg Energi).

I projektets referensgrupp har följande personer deltagit: Ulla Jansson (Skanska), Åsa Wahlström (CIT), Elsa Fahlén (Lokalförvaltningen), Martin Sandberg (NCC), Ali, Johan Svensson (PEAB), Hans Söderström (installatörsföretagen), Birgitta Govén (Byggföretagen), Ali Ehsani (NCC) och Per Löveryd (Akademiska hus).

Denna rapport utgör slutrapport i SBUF-projektet: 13685 – Klimatpåverkansbedömning av energieffektivisering.

## Sammanfattning

Allt fler aktörer i bygg- och fastighetsbranschen sätter upp egna klimatmål och efterfrågan på att genomföra klimatkalkyler för en byggnad och dess energianvändning ökar. Det finns i dagsläget olika metoder för att bedöma klimatpåverkan för byggnaders energianvändning. Metoderna skiljer sig i angreppssätt och detaljeringsgrad. Detta riskerar att leda till att en klimatbedömning av en energieffektiviseringsåtgärd kan leda till olika slutsatser beroende på vilken metod som väljs. Detta försvårar jämförbarheten i ett anbudsskede och kan leda till suboptimering vid projektering.

Denna studie syftar till att undersöka hur olika grad av energieffektivisering påverkar en byggnads klimatpåverkan, med hänsyn till när i tid som åtgärden ger effekt och med hänsyn till det omgivande energisystemet givet olika angreppssätt. Studien syftar även till att öka förståelsen för hur huvuddragen i olika klimatbedömningsmetoder skiljer sig och hur detta påverkar bedömningen av olika energilösningar.

I studien har en insamling och beräkning genomförts av klimatdata för fjärrvärme, fjärrkyla och el samt energi- och klimatberäkningar för en studerad byggnad med olika grad av energieffektivisering. Klimatberäkningen görs utifrån två olika perspektiv (konsekvens- och bokföringsperspektiv) samt givet olika tidsupplösning. Studien utgörs av en fallstudie av en modern kontorsbyggnad i Göteborg. För att, om möjligt, öka generaliserbarhet i slutsatserna undersöks även hur resultaten skulle se ut om den var placerad på andra platser i Sverige.

Det framgår tydligt av studien att typs-system för fjärrvärme bör undvikas om de inte i hög grad överensstämmer med det lokala fjärrvärmenätet då skillnad i resultat för typs-system avviker betydligt mot resultat baserat på det lokala fjärrvärmenätet. Angående tidsupplösning för klimatpåverkan från energianvändning är den av mindre betydelse i det aktuella fallet. Vidare studier behövs för att undersöka om detta även gäller för andra fjärrvärmenät där de ingående teknikerna är annorlunda. Den livslängd som ansatts påverkar resultatet i olika utsträckning beroende på vilket scenario som används för framtida utveckling av elsystemet. Om elsystemet antas genomgå stora förändringar över de kommande 30 åren med betydligt lägre klimatpåverkan medför det att skillnaden i livslängd har en begränsad påverkan på resultatet. Angående val av konsekvens- eller bokföringsperspektiv dras inga slutsatser utan det bör göras utifrån syftet i det aktuella fallet. Denna studie ger i det här fallet enbart en ökad förståelse för hur de olika systemperspektiven påverkas av tidsupplösning, det lokala fjärrvärmenätet och livslängd på de åtgärder som avses. Den förståelsen är central för entreprenörer i syfte att minska risken för suboptimering. Av studien framgår att metodval har avgörande betydelse för resultatet. Det innebär att det krävs en samsyn inom branschen för hur dessa val görs för att hantera kundkrav och förmodade kommande lagkrav på ett likartat och jämförbart sätt.

# Innehåll

Bakgrund .....	1
Metod .....	3
Klimatpåverkan från materialanvändning.....	3
Energiberäkning .....	3
Klimatpåverkan från el, fjärrvärme och fjärrkyla .....	3
El .....	4
Fjärrvärme och fjärrkyla .....	4
Resultat.....	6
Energianvändning.....	6
Material .....	6
Klimatpåverkan från el, fjärrvärme och fjärrkyla .....	7
Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning.....	10
Jämförelse med typsysten.....	14
Känslighetsanalys – 50 år .....	15
Diskussion och slutsats.....	16
Referenser .....	17
Bilaga 1. Antaganden och beräkningsförutsättningar.....	19

## Bakgrund

Boverkets lagförslag om klimatdeklarationer väntas träda i kraft 2022, om lagförslaget går igenom. Energianvändning i drift inkluderas ännu inte som krav, men deklarationen planeras att omfatta fler livscykelkedan på sikt. Genom färdplanen för en fossilfri konkurrenskraft har medverkande aktörer åtagit sig att jobba mot en kurrenskraftig och en klimatneutral värdekedja i bygg- och anläggningssektorn 2045. På liknande sätt har fastighetsägare och energiföretag slutit upp till en färdplan för fossilfri uppvärmning med målet att värmesektorn ska vara helt fossilbränslefri (exklusive avfall) 2030 och därutöver vara klimatpositiv 2045<sup>1</sup>.

Det finns ett flertal andra aktuella klimatinitiativ. Exempelvis har 110 bostadsföretag anslutit sig till SABO:s klimatinitiativ som har som mål att de allmännyttiga bostadsföretagen ska vara fossilfria senast år 2030 och att energianvändningen ska minska med 30% (jämfört med år 2007). Ett flertal fastighetsägare/utvecklare, kommuner och byggföretag har skrivit under Nordic Built Charter och har därmed förbundit sig att införa tio principer för den framtida byggnationen i deras arbete och affärsplaner, varav en av dessa principer syftar till att nå noll-emissioner över livscykeln.

Allt fler aktörer i bygg- och fastighetsbranschen sätter upp egna klimatmål. Flera av dessa kopplar till byggnadernas energianvändning. Det finns i dagsläget olika metoder för att bedöma klimatpåverkan för byggnader. Metoderna skiljer sig i angreppssätt, omfattning och detaljeringsgrad (Janson et al. 2019). Det finns skilda meningar kring hur energianvändning, energieffektiviseringsåtgärder såväl som tillförsel av egenproducerad energi ska värderas ur ett klimatperspektiv. Exempelvis har Värmemarknadskommittén kommit överens om principer för miljövärdering av förändrad energianvändning baserat på ett så kallat konsekvensperspektiv (förändringsorienterat perspektiv), vilket skiljer sig från principerna i till exempel miljöcertifieringssystem som baseras på ett bokföringsperspektiv.

SBUF har i samarbete med bygg- och energibranschen finansierat utveckling av metod och verktyg för klimatbedömning av energilösningar i byggnader i konsekvensperspektiv (kallat Tidstegen, se Gode et al. 2015, Hagberg et al. 2017, Lätt et al. 2019 samt Gode et al. 2020). I en annan studie (Erlandsson et al. 2018) har metodik tagits fram där klimatprestanda för el- och fjärrvärmenäten ges som timdata för energisystemen utifrån både bokförings- och konsekvensperspektiv.

Om båda perspektiven (konsekvens och bokföring) används i analysen av olika energilösningar, och båda leder till liknande resultat och slutsatser, så kan beslutsfattaren vara relativt trygg i sitt val. Om resultaten med olika typer av klimatberäkningar leder till att en energieffektiviseringslösning visar sig bidra till en minskad klimatpåverkan enligt den ena metoden och en ökad klimatpåverkan enligt den andra metoden finns risk för suboptimering vid projektering. Att klimatbedömningar av energieffektiviseringsåtgärder kan leda till olika slutsatser beroende på vilken klimatbedömningsmetod som väljs försvårar även jämförbarheten i ett anbudsskede om det inte är noga kravställt hur klimatbedömningen ska genomföras. Vidare påverkas detta av vilken livslängd som används, framtida scenarion för energisystemets utveckling och tidsupplösning på analyserna av klimatpåverkan.

---

<sup>1</sup> Klimatpositivitet 2045 ska nås med hjälp av Carbon capture and storage (CCS).

Genom att i denna studie tillämpa båda perspektiven är ambitionen att kunskapen kring klimatpåverkan kopplat till energilösningar samt kring olika bedömningsmetoder ska öka i bygg- och fastighetsbranschen.

Studie syftar till att undersöka hur olika grad av energieffektivisering påverkar en kontorsbyggnads klimatpåverkan, med hänsyn till när i tid som åtgärden ger effekt samt sett ur ett större perspektiv med hänsyn till det omgivande energisystemet (för el, värme och kyla). Bland annat studeras frågan – hur långt är det värt att isolera byggnaden ur ett klimatperspektiv om hänsyn tas både till det som byggs in och till den energi som används under driftsfasen.

Studien syftar även till att öka förståelsen för hur huvuddragen i olika metoder att bedöma klimatpåverkan skiljer sig och hur dessa påverkar bedömningen av olika energilösningar. Därför genomförs klimatberäkningen utifrån olika perspektiv (bokförings- och konsekvensperspektiv) samt givet olika tidsupplösning (årsmedelvärden eller tidsupplöst med som högst ned till timnivå). Dessutom genomförs känslighetsanalyser med avseende på hur snabbt energisystemet utvecklas mot en minskad klimatbelastning.

Tillgången till detaljerade klimatpåverkansfaktorer är begränsad både för bokförings- och konsekvensperspektiv och det kan vara tidskrävande att göra denna typ av studie för samtliga projekt. Därför utreds även om det är möjligt att göra vissa förenklingar av klimatbedömningarna.

Fjärrvärme och fjärrkyla är lokala energisystem och studien genomförs som en fallstudie för en modern kontorsbyggnad på Masthuggskajen, Göteborg. För att öka generaliserbarhet i slutsatserna undersöks även hur resultaten skulle se ut om den var placerad på andra platser i Sverige.

## Metod

Förändrad klimatpåverkan har undersökts utifrån varierad isoleringstjocklek och materialval där hänsyn tagits till olika perspektiv, tidsupplösning och framtidsscenario för energisystemet. Beräkningar utgår från ett planerat kontorshus vid Masthuggskajen i Göteborg. Skillnaden i Klimatpåverkan från energianvändning som de olika isoleringsalternativen medför har beräknats utifrån ett konsekvensperspektiv givet olika utvecklingsscenario för energisystemet samt för ett bokföringsperspektiv. Klimatpåverkan från energianvändning beräknats timvis baserat på data från Göteborg energi utifrån Tidstegenmetoden och jämförs med klimatpåverkan från ökad eller minskad materialanvändning. Nedan beskrivs de ingående delarna i detalj.

### Klimatpåverkan från materialanvändning

Materialanvändning har beräknats genom att variera isoleringstjocklek och material. Endast skillnaden i materialåtgång beaktas och inte total materialåtgång. De isoleringsmaterial som använts finns angivna i tabell 1 tillsammans med teknisk specifikation och specifika produkter för vilka miljövarudeklarationer (EPD) har använts. Dessutom ingår transport (A4) och konstruktions- & installationsfas (A5).

Tabell 1 - Isoleringsmaterial, teknisk prestanda och ursprung.

Materialtyp	Produktnamn	Värmeledningsförmåga, $\lambda$ [W/m,K]	År för EPD	Land för EPD
Glasull	ISOVER Formstykker	0,034	2017	Danmark
Stenull	Paroc Insulation, < 70 kg/m <sup>3</sup>	0,035	2014	Sverige, Finland
Stenull	Rockwool isolering	0,037	2013	Danmark, Norge
Cellplast	Jackofoam XPS isolasjonspl.	0,032	2014	Norge, Sverige
Cellulosa	Loose fill cellulose insulation	0,039	2018	Europa

Tjockleken på isoleringen har varierats utifrån nivåer i systemhandling ( $U_m$  ca 0,48) för att motsvara nuvarande lagkrav ( $U_m$  0,6) samt en mer välisolerad byggnad ( $U_m$  0,45). Initialt var tanken att den mer välisolerade byggnaden skulle ges ett  $U_m$  motsvarande tidigare förslag på nytt lagkrav ( $U_m$  0,4) men då hänsyn enbart tas till förändrad isoleringstjocklek och material gav detta alternativ orimlig isoleringstjocklek. Andra ordningens effekter som ökad eller minskad isolering medför har inte beaktats.

### Energiberäkning

Skillnaden i energianvändning mellan de olika isoleringsalternativen har beräknats utifrån energiberäkningsmodell i IDA ICE 4.8. Utifrån nuvarande utformning har sedan skillnad i energianvändning på grund av ändrad isolering beräknats per timme och utomhustemperatur. Klimatfil för Göteborg har använts i beräkningarna.

### Klimatpåverkan från el, fjärrvärme och fjärrkyla

Nedan redovisas metodiken för beräkning av klimatpåverkan från användning av el, fjärrvärme och fjärrkyla med bokförings- respektive konsekvensanalys. De generella antaganden och beräkningsförutsättningar som ligger bakom samtliga beräkningar sammanfattas i Bilaga 1.

El

För bokföringsanalysen har emissionsfaktorer för nordisk elmix översiktligt beräknats. Beräkningarna har gjorts för dagens situation och för några framtida scenarier. För dagens situation har både årsvärden och uppskattade månadsvisa emissionsfaktorer tagits fram. För framtidsscenarierna har endast årsvärden beräknats. Samtliga emissionsfaktorer avser livscykelperspektiv och inklusive distributionsförluster om 5%. Beräkningarna för dagens situation baseras på officiell elproduktionsstatistik från Sverige<sup>2</sup>, Norge<sup>3</sup>, Finland<sup>4</sup> och Danmark<sup>5</sup> för åren 2017 och 2018. Hänsyn har tagits till import och export genom att tillämpa ungefärliga emissionsfaktorer för de olika importerande/exporterande ländernas elmixar<sup>6</sup>. Månadsvis elproduktionsstatistik från ENTSO-E har vidare använts för att översiktligt analysera hur klimatpåverkan från nordisk elmix varierar över året (ENTSO-E, 2019). För att kunna beräkna framtida bokföringsresultat har data från scenarier framtagna inom två nordiska projekt använts som utgångspunkt (NETP 2013, NETP 2016). De har sedan bearbetats av IVL i ett separat uppdrag (Gode et al. 2019). De framtida scenarierna omfattar perioderna 2025-2035 och 2036-2045.

Konsekvensanalysen av el är baserad på Tidstegenmetoden (Gode, et al., 2015), (Hagberg, et al., 2017) och inga nya beräkningar har gjorts i projektet. De tre elscenarier (ett klimatsnålt, ett klimattungt och ett referensscenario) som tagits fram inom Tidstegenarbetet har använts i projektet. Elscenarierna är tidsupplösta över året<sup>7</sup> och beskriver möjliga konsekvenser i det nordeuropeiska elsystemet av förändrad efterfrågan på eller produktion av el från idag och fram i tiden<sup>8</sup>. Konsekvenserna i elsystemet kan vara att drift av befintliga anläggningar påverkas (driftmarginal) eller framtida byggnation eller nedläggning av elproduktionskapacitet (byggmarginal). Den sammanlagda konsekvensen kallas komplex marginal. För mer beskrivning av elscenarierna hänvisas till Hagberg et al (2017). De tre elscenarierna används som indata till konsekvensanalysen av fjärrvärme och fjärrkyla, det vill säga att om el produceras eller används i fjärrvärme- eller fjärrkyla systemen så baseras beräkningarna av klimatpåverkan utifrån de tre elscenarierna. I dessa fall blir alltså resultatet tre olika resulterande emissionsfaktorer.

#### Fjärrvärme och fjärrkyla

Bokföringsanalysen syftar till att ge information om emissioner från produktion av fjärrvärme och fjärrkyla per utomhustemperatur, baserat på medelvärden för utsläpp i fjärrvärme- och fjärrkylaproduktionen. I de fall el används för fjärrvärme- eller fjärrkyla produktion används de beräknade emissionsfaktorerna för nordisk elmix som beskrivits ovan. Beräkningar är gjorda för Göteborg Energis fjärrvärme- och fjärrkylasystem och för typnät. Beräkningarna av Göteborg Energis fjärrvärmesystem baseras på rapporterad producerad fjärrvärme för året 2013. Fjärrkylaberäkningar baseras på rapporterad producerad fjärrkyla under åren 2016-2018. Här har samma antagna COP-värden för produktionslagen frikyla, absorptionskyla och kompressorkyla som för konsekvensanalysen använts (se nedan).

För konsekvensanalysen av Göteborg Energis fjärrvärmeproduktion har en marginalproduktionsanläggning för varje timme under 2013 antagits av Göteborg Energi. Dessa har matchats mot

---

<sup>2</sup> Energimyndigheten (2019), SCB (2018)

<sup>3</sup> Statistik sentralbyrå (2018)

<sup>4</sup> Finlands officiella statistik, FOS (2018)

<sup>5</sup> Energistyrelsen (2018)

<sup>6</sup> Dessa emissionsfaktorer har hämtats från ”Technical annex to the SEAP template instructions document” (Covenant of Mayors, u.d.).

<sup>7</sup> Åtta tidssteg uppdelade på fyra säsonger (vinter, vår, sommar och höst) samt två olika tider på dygnet (dag eller natt).

<sup>8</sup> Elscenarierna omfattar tre tidsperioder, 2015-2025, 2026-2035 respektive 2036-2045.



utomhustemperaturen per timme i Göteborg under 2013 för att ge en marginalmix per utomhustemperatur. Därefter har SVEBY/SMHs temperaturdata för perioden 1981-2010 i Göteborg använts för att ge fördelningen av temperatur per tidssteg enligt Tidstegenmetoden (Gode, et al., 2015) och (Hagberg, et al., 2017). Fördelningen per tidssteg används sedan för att koppla samman emissioner från fjärrvärmeproduktionen med emissioner i elsystemet. Verkningsgrader och övriga parametrar för produktionsanläggningar i fjärrvärmeproduktionen är uppskattade av Göteborg Energi. Produktionsanläggningarna är aggregerade efter typ av anläggning och bränsle och motsvarar därför inte exakt den verkliga produktionsmixen. Utomhustemperaturer under  $-15^{\circ}\text{C}$  uppstod inte under 2013 och därför har det antagits att samma marginalproduktionsmix som gäller för  $-15^{\circ}\text{C}$  även gäller för lägre temperaturer. I de fall el antingen används eller produceras i fjärrvärmesystemet används de tre elscenarierna som beskrivits ovan för att beräkna emissionsfaktorn.

Konsekvensanalysen av Göteborg Energis fjärrkyla baseras på produktionsdata och temperaturdata från åren 2016-2018. Produktionsanläggningarna har aggregerats till tre typer av produktion och en prioriteringsordning mellan de tre typerna har antagits av Göteborg Energi. För varje utomhustemperatur har en marginalproduktionsmix på så sätt kunnat genereras. På samma sätt som för fjärrvärmeproduktion har SVEBY/SMHs temperaturdata för perioden 1981-2010 använts för att koppla emissioner från fjärrkylaproduktionen till emissioner från elsystemet genom Tidstegenmetoden. I fjärrkylasystemet aggregeras Göteborg Energis produktionsanläggningar till typerna frikyla, absorptionskyla och kompressorkyla. För att beräkna bränsleanvändningen för att producera fjärrkyla behandlas alla tre produktionsslag som värmepumpar med el som bränsle och med olika antagna verkningsgrad (COP) för varje produktionsslag. För frikyla har COP satts till 15 för att återspegla att endast elanvändning i form av pumparbete krävs för att producera fjärrkyla från frikyla. Samma COP har satts för absorptionskyla, då dess främsta energikälla består av värme från fjärrvärmesystemets returledningarna och den enda egentliga energianvändningen består av elenergi för pumparbete. Slutligen har ett genomsnittligt COP på 5 antagits för kompressorkylmaskinerna i systemet. Samtliga värden är uppskattade och antagna av Göteborg Energi. Den använda elen för fjärrkylaproduktionen beräknas med de tre elscenarier som beskrivits ovan.

## Resultat

Nedan presenteras resultat där energiberäkning presenteras först följt av klimatpåverkan från energisystemet och materialanvändning samt sammanlagd klimatpåverkan från energi- och materialanvändning. Dessutom presenteras resultat kopplat till tidsupplösning på klimatpåverkan från energianvändning, resultat från andra fjärrvärmesystem samt en känslighetsanalys där livslängden har ökats från 30 till 50 år.

### Energianvändning

Skillnad i energianvändning från variationen i  $U_m$ -värde ges i tabell 2. Notera att det enbart är isoleringstjocklek som förändras varför skillnaderna är relativt små. På grund av att endast isoleringstjocklek varieras uppstår inga skillnader i användning av fastighetsel. Vid ökad isoleringstjocklek ges ingen skillnad i total energianvändning då minskat värmebehov kompenseras av ett ökat kylbehov. Vid minskad isoleringstjocklek blir skillnaden större och totalt så ökar energianvändningen genom ett ökat uppvärmningsbehov.

Tabell 2 - Skillnad i energianvändning beroende på isoleringsgrad jämfört med referensfall.

$U_m$	Skillnad i uppvärmningsbehov [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	Skillnad i kylbehov [kWh/m <sup>2</sup> ,år]
0,45	-1	+1
0,6	+6	-1

### Material

Klimatpåverkan från variation av isoleringstjocklek för olika material ges i tabell 3 utifrån referensfallet. Skillnaden är stor mellan olika materialtyper där framförallt cellulosaisolering ger lägre klimatpåverkan medan mineralull och cellplast har större påverkan.

Tabell 3 - Skillnad i klimatpåverkan för ökad och minskad isolering utifrån referensfall avseende inbyggt material.

Material	Ökad isoleringstjocklek [Kg CO <sub>2</sub> e]	Minskad isoleringstjocklek [Kg CO <sub>2</sub> e]
Isover Formstykker	12654	-11170
Paroc Isulation 70-120 kg/m <sup>3</sup>	60323	-47611
Paroc Insulation >120 kg/m <sup>3</sup>	97697	-77110
Paroc Insulation <70 kg/m <sup>3</sup>	21298	-16811
Rockwool Isolering	19196	-15151
ECIA Loose fill cellulose insulation	6291	-4966
Jackofoam XPS isolasjonsplate	76000	-59985

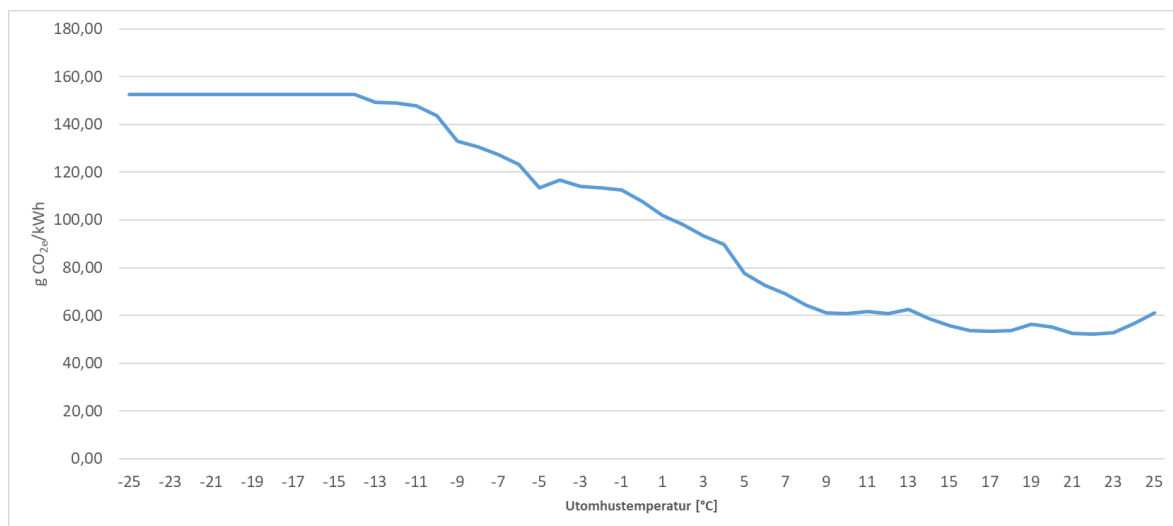
## Klimatpåverkan från el, fjärrvärme och fjärrkyla

Resultat för beräkningar av emissionsfaktorer för nordisk elmix redovisas i Tabell 4. För perioden 2015-2025 används i bokföringsanalysen beräknade emissionsfaktorer per månad baserat på beräkningarna för år 2017 och 2018. Siffrorna avser elanvändning, dvs inklusive import och export samt distributionsförluster om 5%. För påföljande perioder används ett årligt medelvärde då de studerade scenarierna saknade månadsupplösning.

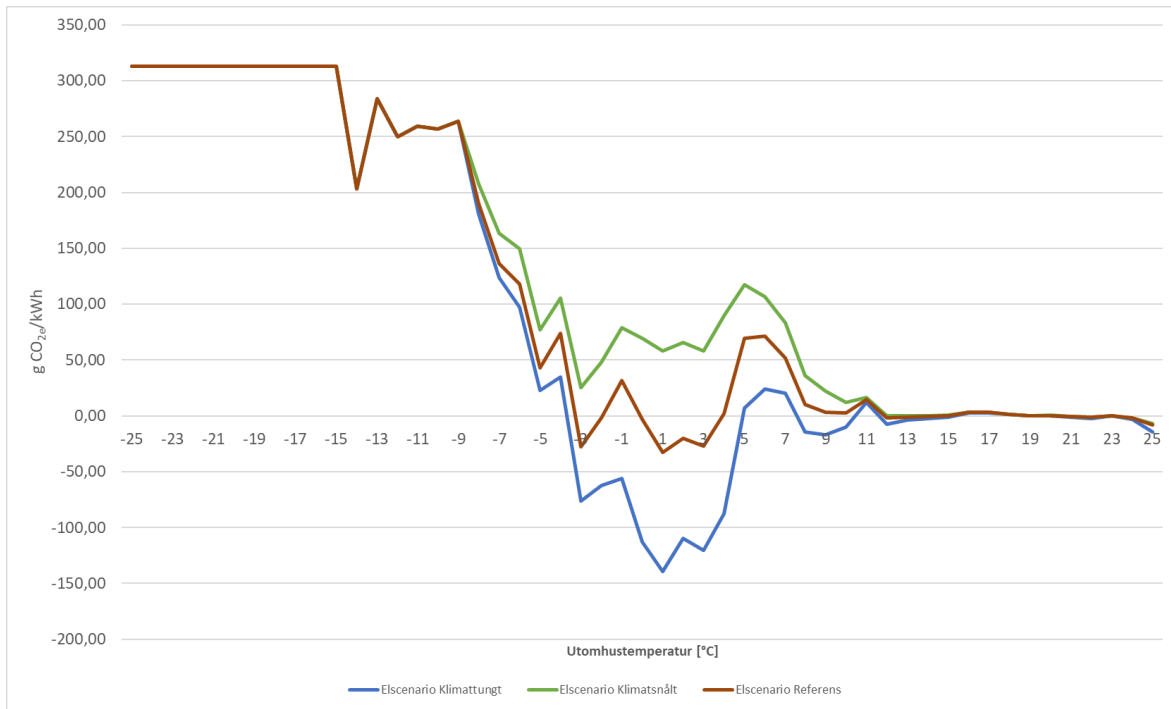
Tabell 4 Sammanställning av emissionsfaktorer för nordisk elmix i bokföringsanalyser.

Månad	Emissionsfaktor [g CO <sub>2</sub> e/kWh <sub>el</sub> ]			Medel 2015-2045
	2015-2025	2026-2035	2036-2045	
Januari	90	16	11	39
Februari	96	16	11	41
Mars	105	16	11	44
April	93	16	11	40
Maj	71	16	11	33
Juni	65	16	11	31
Juli	74	16	11	34
Augusti	78	16	11	35
September	72	16	11	33
Oktober	77	16	11	35
November	79	16	11	35
December	89	16	11	39

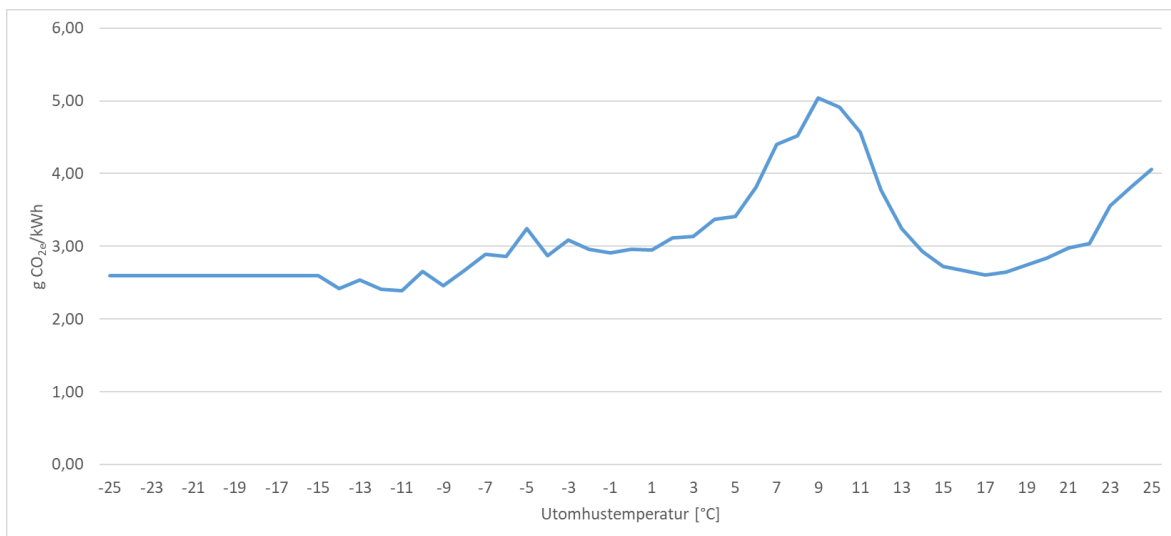
Resultat för beräkningar av klimatpåverkan från fjärrvärme- och fjärrkylasystemen vid bokföring respektive konsekvensanalys redovisas i Figur 1-4. Klimatpåverkan anges per utomhustemperatur och avser ett medelvärde för perioden 2015-2045.



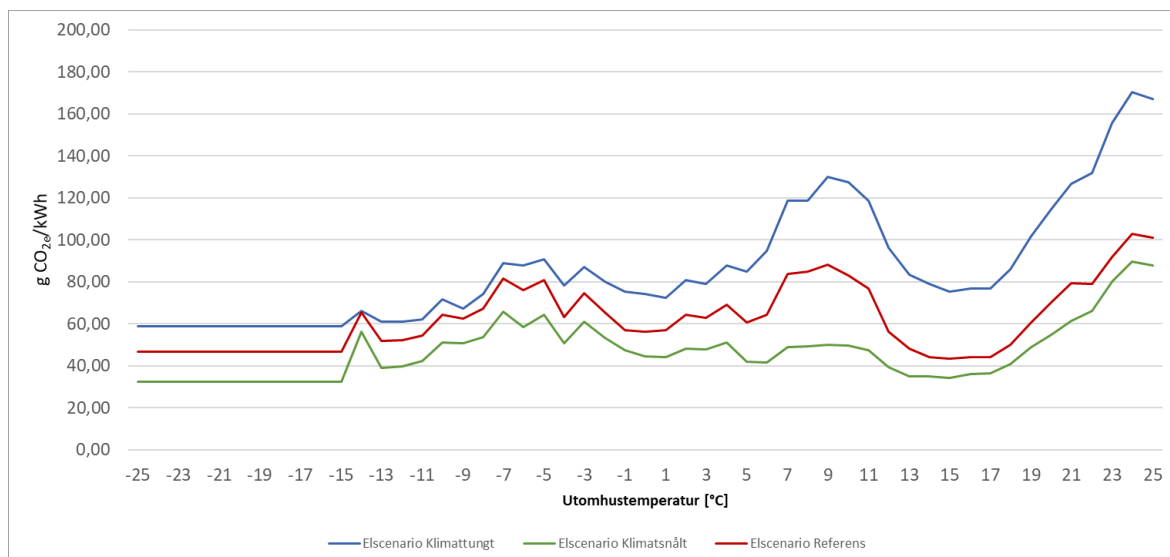
Figur 1. Klimatpåverkan i bokföringsperspektiv för Göteborgs Energis fjärrvärmesystem per utomhustemperatur. Siffrorna avser ett medelvärde för perioden 2015-2045.



Figur 2. Klimatpåverkan i konsekvensperspektiv för Göteborg Energis fjärrvärmesystem per utomhustemperatur. Siffrorna avser ett medelvärde för perioden 2015-2045 och visar resultat för tre olika elscenarier.



Figur 3. Klimatpåverkan i bokföringsperspektiv för Göteborg Energis fjärrkylasystem per utomhustemperatur. Siffrorna avser ett medelvärde för perioden 2015-2045.



Figur 4. Klimatpåverkan i konsekvensperspektiv för Göteborg Energis fjärrkylasystem per utomhustemperatur. Siffrorna avser ett medelvärde för perioden 2015-2045 och visar resultat för tre olika elscenarier.

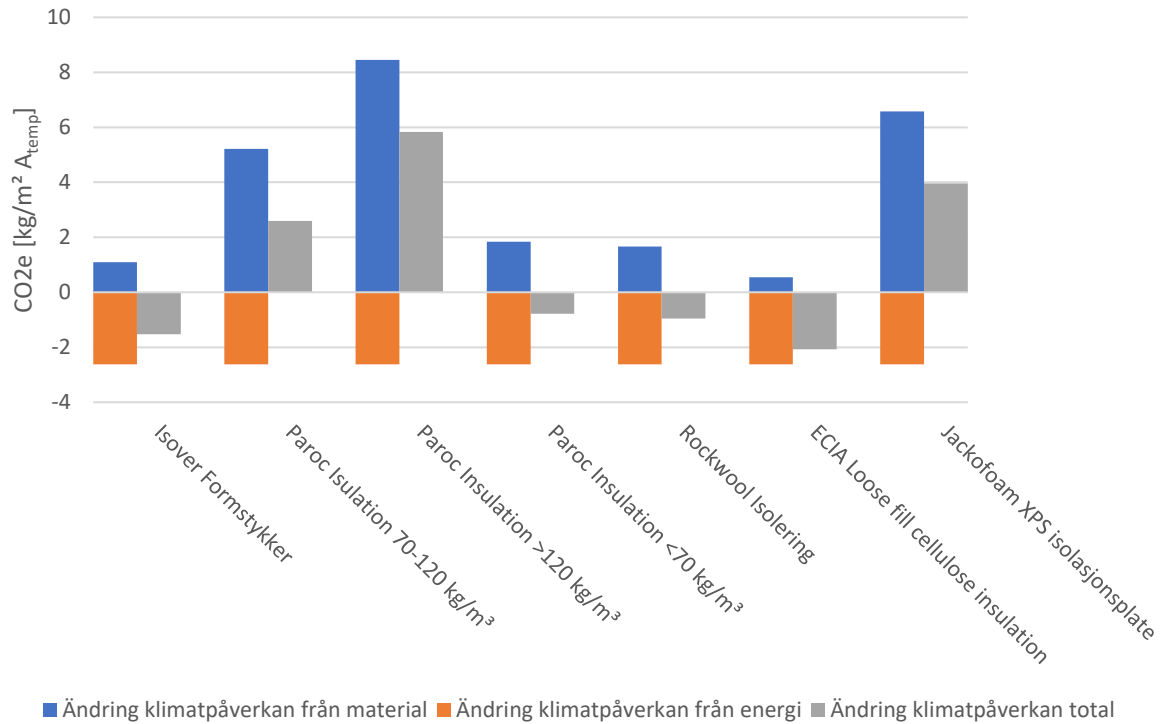
I tabell 5 nedan visas hur olika tidsupplösning påverkar klimatpåverkan där timvärden, dygnsmedelvärden och årsmedelvärden jämförs för ett bokförings- och konsekvensperspektiv över 30 och 50 år för fallet med ökad isolering. Generellt ger en högre tidsupplösning mindre förändringar för bokföringsperspektivet medan det för konsekvensperspektivet har en större inverkan i det längre perspektivet om 50 år. Notera att resultaten gäller för det aktuella fallet i fråga om lokala förutsättningar, åtgärd och antaganden för energisystemets framtida utveckling.

Tabell 5 – Klimatpåverkan från energianvändning vid olika tidsupplösning för bokförings- och konsekvensperspektiv över 30 och 50 år vid ökad isolering jämfört med referensfallet.

	Bokföringsperspektiv, 30 år CO <sub>2e</sub> [Ton]			Konsekvensperspektiv, 30 år CO <sub>2e</sub> [Ton]		
	Timvärden	Dygnsmedel	Årsmedel	Timvärden	Dygnsmedel	Årsmedel
Värme	-30,8	-30,9	-30,5	0,4	0,2	-0,1
Kyla	0,6	0,7	0,7	12,2	12,4	12,9
	Bokföringsperspektiv, 50 år CO <sub>2e</sub> [Ton]			Konsekvensperspektiv, 50 år CO <sub>2e</sub> [Ton]		
	Timvärden	Dygnsmedel	Årsmedel	Timvärden	Dygnsmedel	Årsmedel
Värme	-42,2	-43,2	-46,2	-31,0	-27,7	-16,7
Kyla	0,7	0,8	0,8	14,6	14,8	16,4

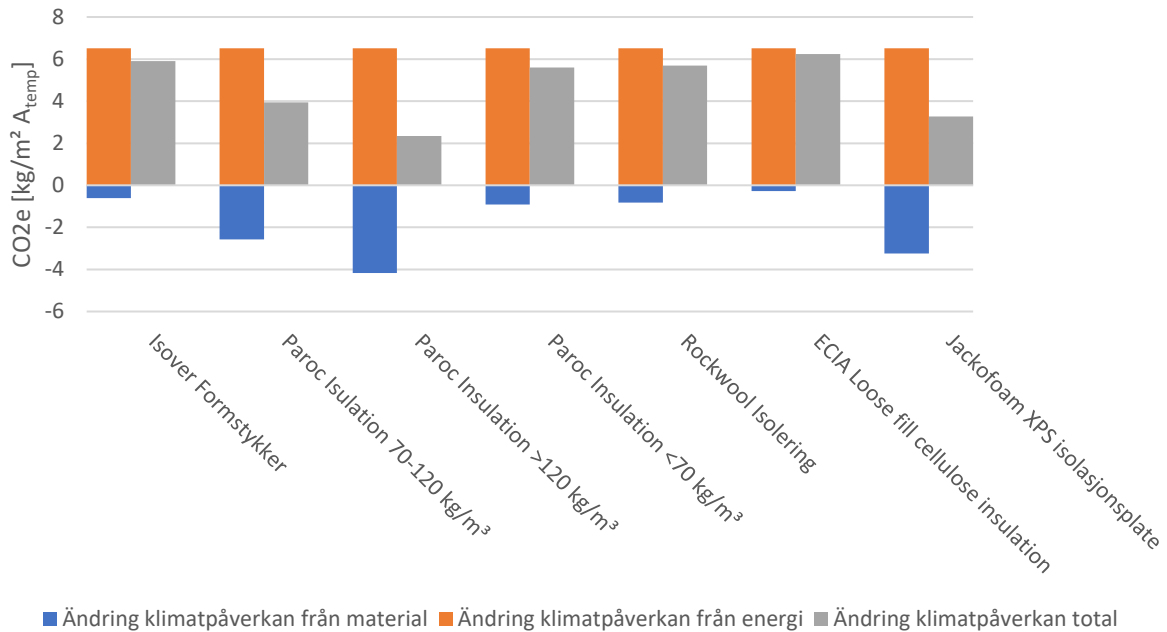
## Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning

I samtliga fall nedan är skillnaden i klimatpåverkan den samma för respektive figur och det är enbart klimatpåverkan från materialanvändning som ändras då U-värde är låst för respektive fall. Resultaten visar på klimatpåverkan från energianvändning, materialanvändning samt nettoeffekt. Figur 5 visar klimatpåverkan för fallet med ökad isolering i ett bokföringsperspektiv över 30 år. Val av material påvirker nettoeffekten där det i vissa fall leder till ökad klimatpåverkan. Generellt medför stenullsisolering med hög densitet samt XPS en högre klimatpåverkan.



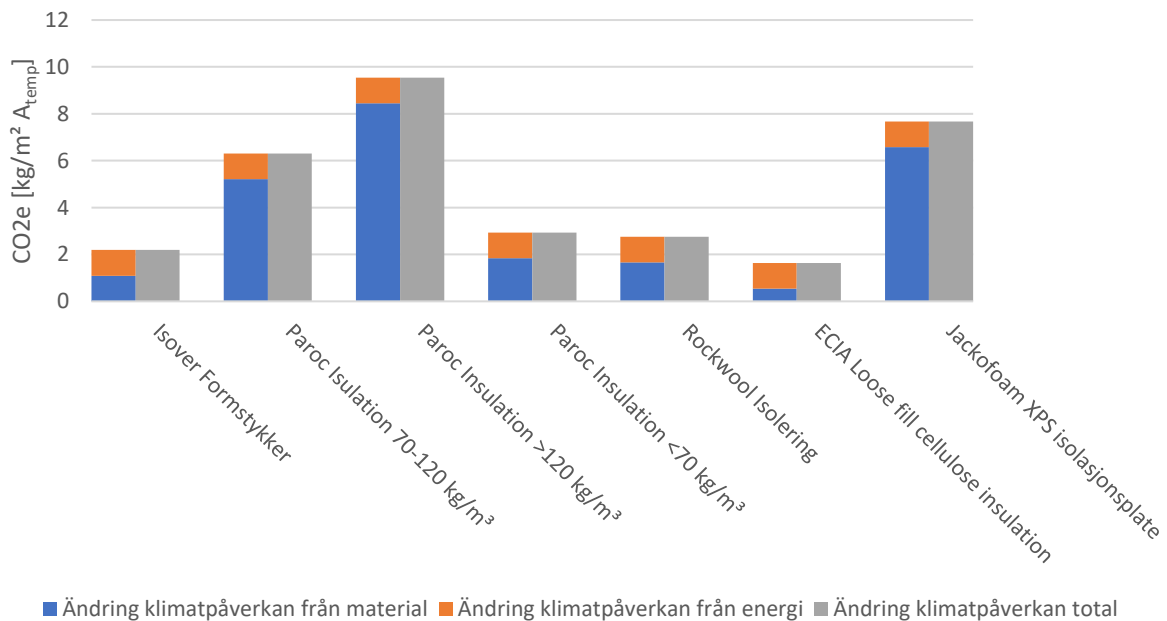
Figur 5 – Klimatpåverkan från energi- og materialanvändning vid ökad isolering i ett bokföringsperspektiv över 30 år.

Fallet med minskad isolering i ett bokföringsperspektiv över 30 år visas i figur 6. Till skillnad från fallet med ökad isolering leder samtliga fall med en minskad isoleringstjocklek till ökad klimatpåverkan.

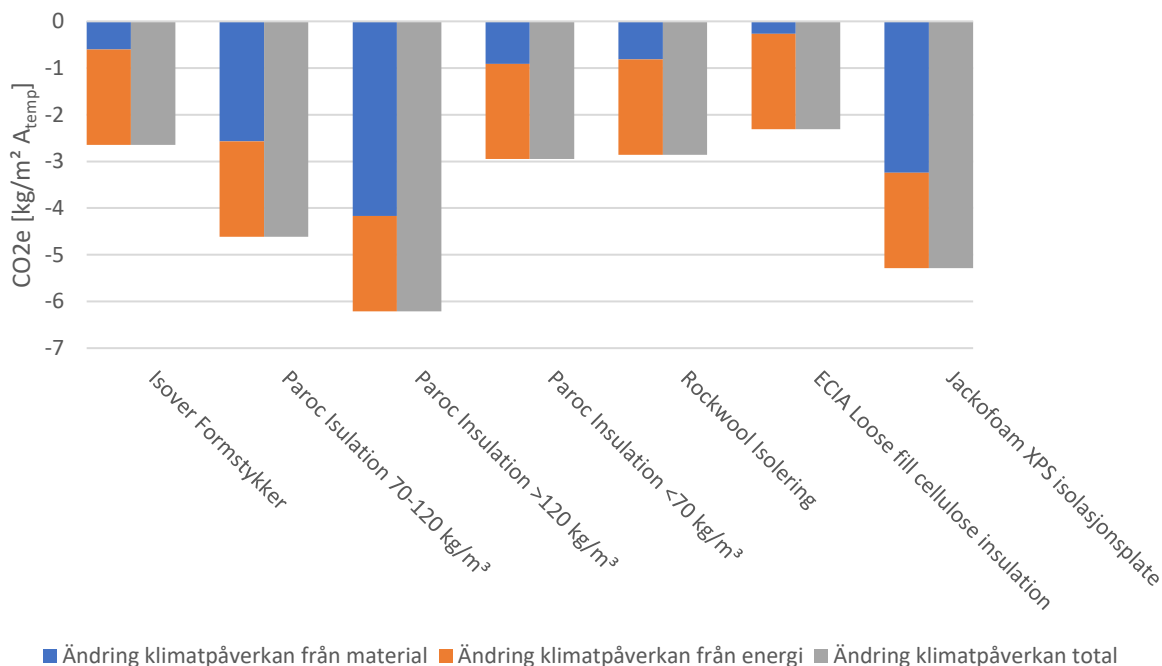


Figur 6 – Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning vid minskad isolering i ett bokföringsperspektiv över 30 år.

I figur 7 visas resultat för ökad isolering i ett konsekvensperspektiv med referensscenario för energisystemets framtida utveckling över 30 år. I samtliga fall leder ökad isolering till ökad klimatpåverkan. På samma sätt framgår i figur 8 att minskad isolering i ett konsekvensperspektiv med referensscenario för energisystemets utveckling över 30 år ger minskade utsläpp i samtliga fall. Till skillnad från bokföringsperspektivet går ändrad klimatpåverkan i samma riktning för energianvändning och materialanvändning.

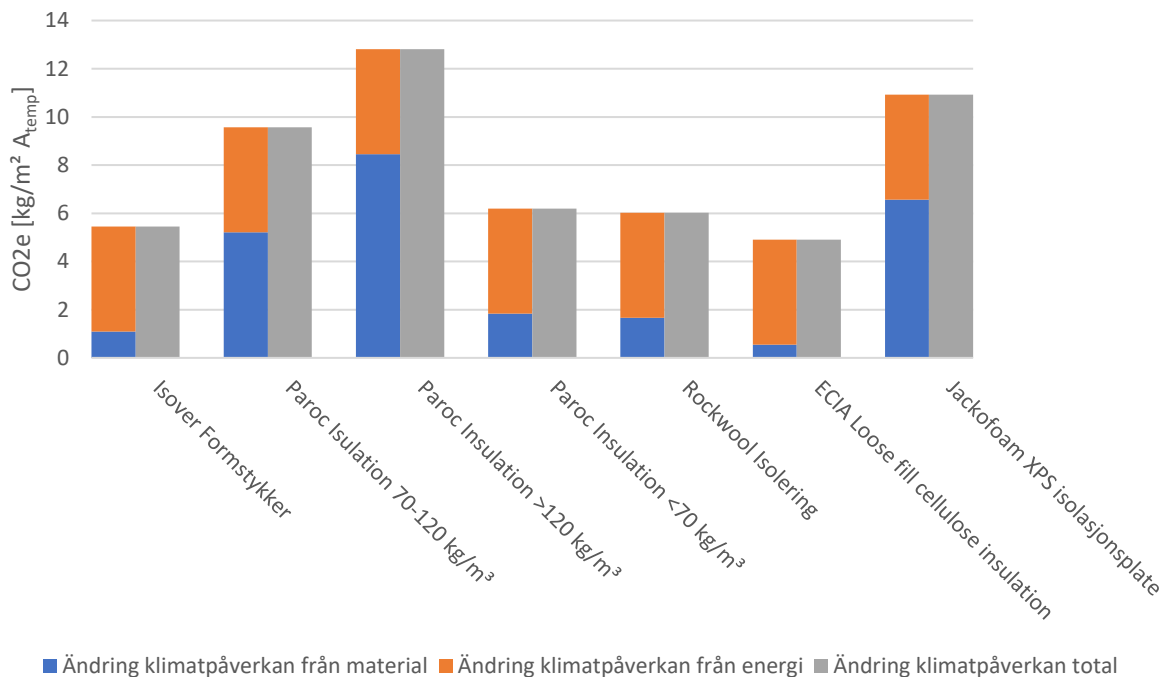


Figur 7 - Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning vid ökad isolering i ett konsekvensperspektiv över 30 år utifrån referensscenario om energisystemets framtida utveckling.



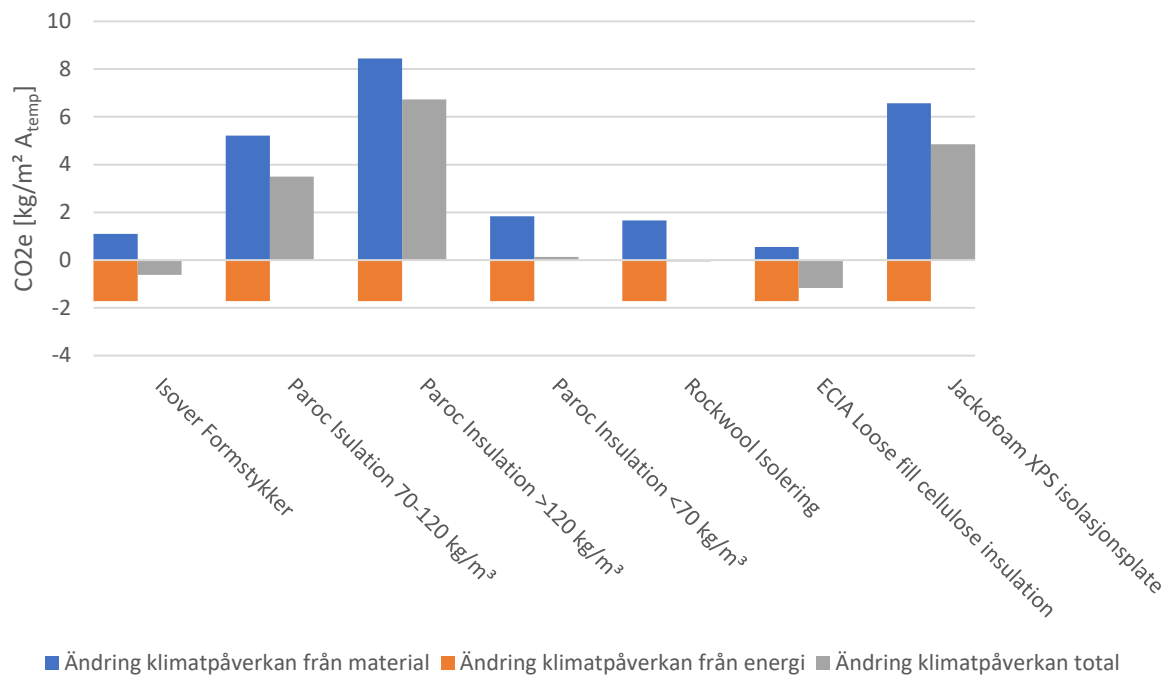
Figur 8 - Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning vid minskad isolering i ett konsekvensperspektiv över 30 år utifrån referensscenario om energisystemets framtida utveckling.

I figur 9 och 10 nedan visas resultat för ökad isolering i ett konsekvensperspektiv för två alternativa scenarion över 30 år. I det klimattunga scenariot antas en mer pessimistisk utveckling av det framtida energisystemet medan en mer positiv utveckling antas för det klimatsnåla scenariot. Det klimattunga scenariot förstärker bilden från referensfallet där klimatpåverkan från ökad isoleringstjocklek ökar. För det klimatsnåla scenariot blir utfallet et annat och på liknande sätt som för bokföringsperspektivet spelar val av isoleringsmaterial en avgörande roll.



Figur 9 - Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning vid ökad isolering i ett konsekvensperspektiv över 30 år utifrån klimattungt scenario om energisystemets framtida utveckling.

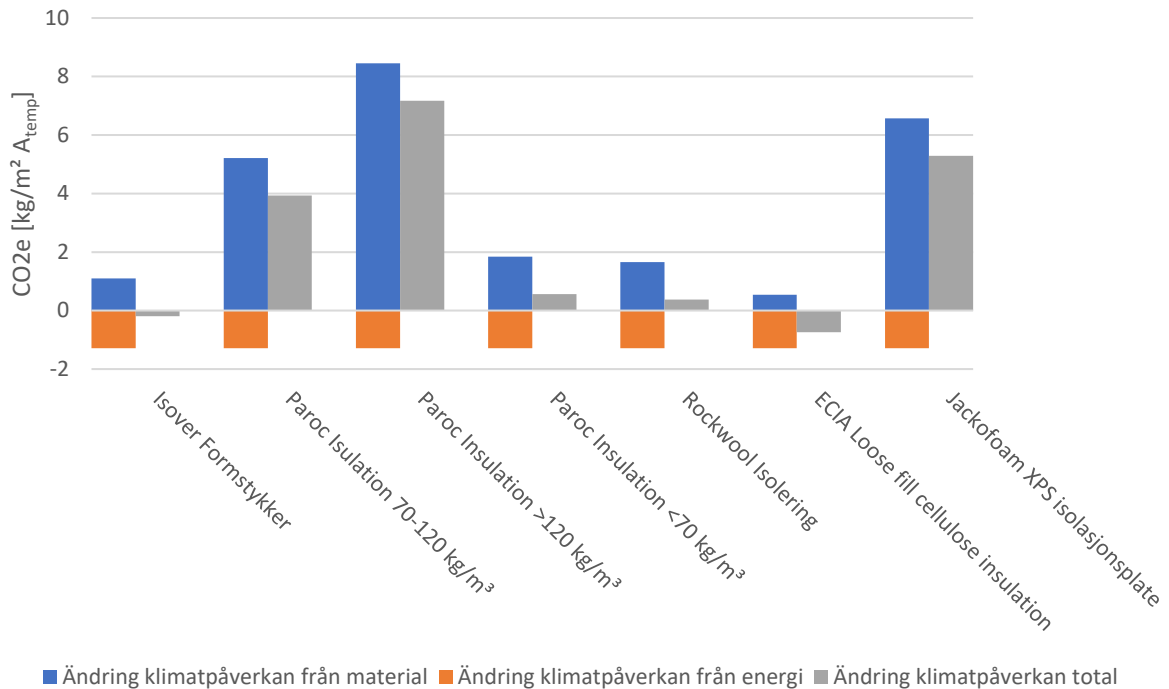




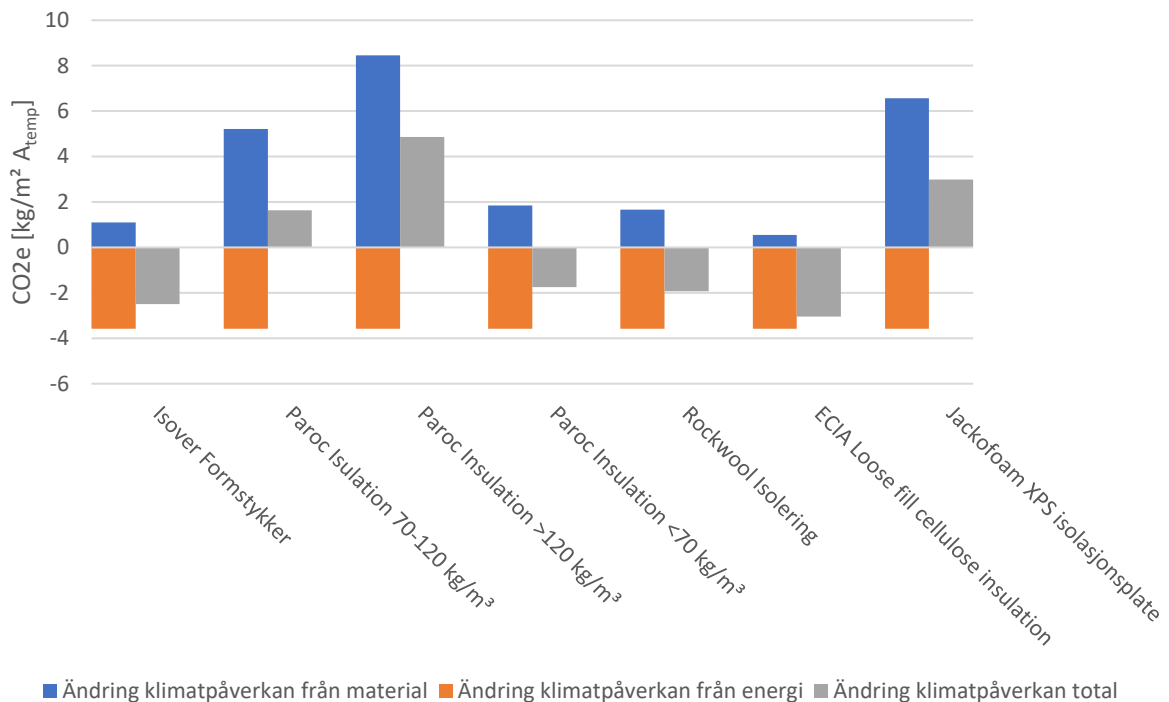
Figur 10 - Klimatpåverkan från energi- og materialanvändning vid ökad isolering i ett konsekvensperspektiv över 30 år utifrån klimatsnålt scenario om energisystemets framtida utveckling.

## Jämförelse med typs-system

För att jämföra resultat baserat på lokala data för Göteborg visas i figur 11 resultat från ett stort typs-system och i figur 12 för ett mellanstort typs-system för ett konsekvensperspektiv över 30 år utifrån ett referensscenario om energisystemets framtida utveckling. Skillnaden mellan typs-systemen och det lokala systemet är markant och indikerar att typs-system bör hanteras med försiktighet.



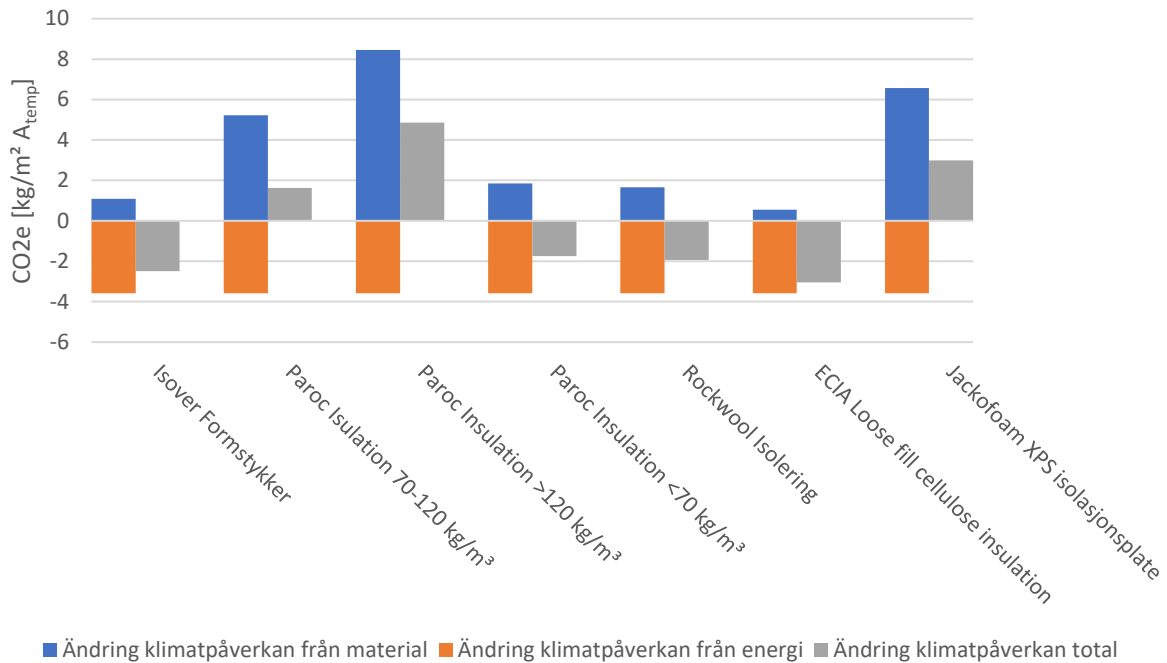
Figur 11 - Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning vid ökad isolering i ett konsekvensperspektiv över 30 år utifrån referensscenario om energisystemets framtida utveckling för ett stort typs-system.



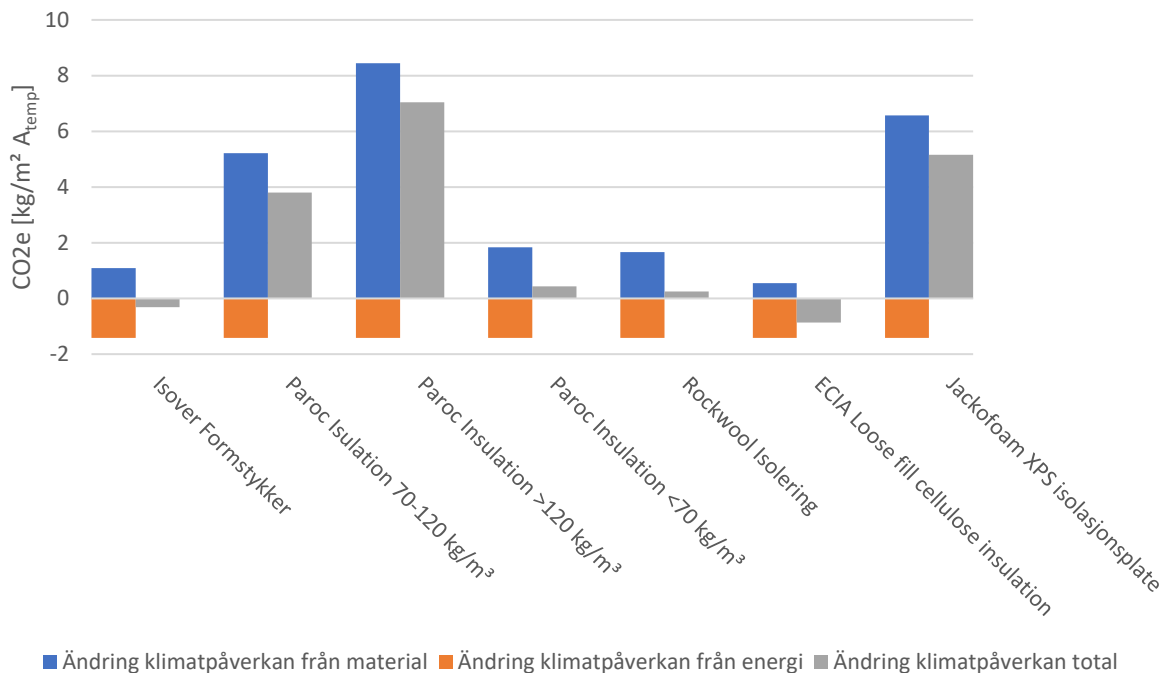
Figur 12 - Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning vid ökad isolering i ett konsekvensperspektiv över 30 år utifrån referensscenario om energisystemets framtida utveckling för ett mellanstort typs-system.

## Känslighetsanalys – 50 år

För att undersöka robustheten i resultatet samt inverkan av livslängd har en tidsperiod över 50 år studerats. Resultaten visas i figur 13 och 14 för bokförings- respektive konsekvensperspektiv. För bokföringsperspektivet handlar det om mindre skillnader medan det för konsekvensperspektivet blir större skillnader och vissa materialval leder över 50 år till en klimatbesparing där det i kortare tidsperspektiv ger en ökad klimatbelastning.



Figur 13 - Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning vid ökad isolering i ett bokföringsperspektiv över 50 år.



Figur 14 - Klimatpåverkan från energi- och materialanvändning vid ökad isolering i ett konsekvensperspektiv över 50 år utifrån referensscenario om energisystemets framtida utveckling.

## Diskussion och slutsats

Först och främst är det viktigt att fastställa att resultaten gäller fallstudien under givna förutsättningar. Det innebär att vidare slutsatser inte ska dras av resultaten i sig. Dessutom baseras klimatpåverkan från material enbart på ett bokföringsperspektiv vilket gör jämförelsen något skev. Däremot kan man konstatera att valet av systemperspektiv är avgörande för vilken slutsats man landar i vilket är typiskt för den här typen av jämförelser. För bokföringsperspektivet så beror klimatnyttan av energieffektivisering på materialval medan det för konsekvensperspektivet inte spelar någon roll utan det är scenario för framtida utveckling av energisystemet som dikterar resultaten och till viss del om man ökar livslängden till 50 år.

Angående tidsupplösning av klimatpåverkan påverkar det främst konsekvensperspektivet, dock ej för bokföringsperspektivet. För konsekvensperspektivet blir det särskilt tydligt i de fall man studerar förändringar över längre tid eller med ett klimattungt eller -snålt scenario. Vidare studier behövs för att undersöka om detta också gäller för andra fjärrvärmenät där blandningen av ingående tekniker är färre. Just skillnaden i resultat mellan typsystem och det lokala systemet är markant och indikerar att typsystem bör hanteras med försiktighet för slutsatser om lokala projekt.

Då klimatpåverkan för olika perspektiv minskar med tid får en utökad livslängd till 50 år en relativt liten påverkan på resultatet. Detta beror på att klimatpåverkan från energianvändning antas vara låg om 30 år varför klimatpåverkan från energianvändning under ytterligare 20 år är begränsad.

För ett konsekvensperspektiv med klimatsnålt scenario leder ökad energianvändning till ökad klimatbelastning för det lokala fjärrvärmenätet. Detta beror på att bas lasten i fjärrvärmenätet inte antas genomgå större förändringar och därför genererar el med högre klimatpåverkan jämfört med övriga elsystemet då detta antas utvecklas för att på sikt vara klimatneutralt. Dock förutsätter detta att energiåtervinning av avfall inte markant förändras över tid. Med hänsyn till den avfallsförbränningskatt som infördes den första april 2020 kan detta antagande behöva omprövas.

I denna fallstudie har fokus varit på skillnaden som uppstår vid ökad eller minskad grad av isolering och ger inte uttryck för total klimatpåverkan från byggnation. Det är värt att notera att skillnaderna som undersöks är små i förhållande till total klimatpåverkan och att detta främst görs i syfte att belysa de skillnader som uppstår beroende på val av systemperspektiv, fjärrvärmenät, tidsupplösning samt livslängd på åtgärd.

Det framgår tydligt av studien att typsystem för fjärrvärme bör undvikas om de inte i hög grad överensstämmer med det lokala fjärrvärmenätet då skillnad i resultat för typsystem avviker betydligt mot resultat baserat på det lokala fjärrvärmenätet. Angående tidsupplösning för klimatpåverkan från energianvändning är den av mindre betydelse i det aktuella fallet. Vidare studier behövs för att undersöka om detta är fallet i andra fjärrvärmenät där de ingående teknikerna är annorlunda. Den livslängd som ansetts påverkar resultatet i olika utsträckning beroende på vilket scenario som används för framtida utveckling av elsystemet. Om elsystemet antas genomgå stora förändringar över de kommande 30 åren med betydligt lägre klimatpåverkan medför det att skillnaden i livslängd har en begränsad påverkan på resultatet. Angående val av konsekvens- eller bokföringsperspektiv dras inga slutsatser utan det bör göras utifrån syftet i det aktuella fallet. Denna studie ger i det här fallet enbart en ökad förståelse för hur de olika systemperspektiven påverkas av tidsupplösning, det lokala fjärrvärmenätet och livslängd på de åtgärder som avses.

## Referenser

Covenant of Mayors, n.d. Technical annex to the SEAP template instructions document: THE EMISSION FACTORS. [Online]

Available at: [https://www.eumayors.eu/IMG/pdf/technical\\_annex\\_en.pdf](https://www.eumayors.eu/IMG/pdf/technical_annex_en.pdf)  
[Accessed 21 10 2019].

Energimyndigheten, 2019. Energiläget i siffror 2019. [Online]

Available at: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/>  
[Accessed 25 03 2019].

Energistyrelsen, 2018. Energistatistik 2017. [Online]

Available at: <https://ens.dk>  
[Accessed 25 03 2019].

ENTSO-E, 2019. Power statistics. [Online]

Available at: <https://www.entsoe.eu/data/power-stats/>  
[Accessed 28 05 2019].

Erlandsson M, Sandberg E, Berggren B, Francart N, Adolfsson, I, 2018. Byggnaders klimatpåverkan, timme för timme – idag och i framtiden, En gemensam metod för energi- och miljöklassning. IVL-rapport C352

Finlands officiella statistik (FOS), 2018. El- och värmeproduktion [e-publikation]. ISSN=1798-5080. 2017, Tabellbilaga 1. El- och värmeproduktion efter produktionsform och bränsle 2017. Helsinki: Statistikcentralen. [Online]

Available at: [http://www.stat.fi/til/salatuo/2017/salatuo\\_2017-11-01\\_tau\\_001\\_sv.html](http://www.stat.fi/til/salatuo/2017/salatuo_2017-11-01_tau_001_sv.html)  
[Accessed 24 03 2019].

Gode, J. et al., 2019. Klimatdata Elscenarier (intern rapport IVL U6174),

Gode, J. et al., 2015. Miljövärdering av energilösningar i byggnader. IVL rapport B2240

Gode, J. et al., 2011. Miljöfaktaboken 2011 Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter A08-833, Stockholm: Värmeforsk.

Janson U, Heincke C, Fahlén E, Wahlström Å (2019). Metoder för bedömning av klimatpåverkan i bygg- och fastighetssektorn – en översikt. LÅGAN-rapport, Mars 2019

Hagberg, M. et al., 2017. Miljövärdering av energilösningar i byggnader (etapp 2). IVI rapport B2282, s.l.: s.n.

Martinsson, F., 2011. Emissionsfaktorer för svensk elmix och svensk fjärrvärmemix år 2009. IVL rapport U3427 för Energimyndigheten, Stockholm: IVL.

Lätt A, Gode J, Nilsson J, Sidvall A, Boberg N, Berglund R (2019), Klimatbedömning av energilösningar i byggnader – Verktuget Tidstegen. Utkast till slutrapport till Energiforsk.

Nordic Energy Research & IEA, 2013. Nordic Energy Technology Perspectives - Pathways to a Carbon Neutral Energy Future., Paris: OECD, IEA, Nordic Energy Research.

Nordic Energy Research & IEA, 2016. Nordic Energy Technology Perspectives 2016 - Cities, flexibility and pathways to carbon-neutrality., Paris: OECD, IEA, Nordic Energy Research.

SCB, 2018. El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2017, Sveriges officiella statistik (EN 11 SM 1801, korrigerad version), s.l.: SCB.

Statistik centralbyrå, 2018. Elektrisitet. [Online]

Available at: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/aar>  
[Accessed 25 03 2019].

Vattenfall, 2019. Solkraft. [Online]

Available at: <https://www.vattenfall.se/elavtal/energikallor/solkraft/>  
[Accessed 15 Augusti 2019].

VMK, 2018. Överenskommelse i Värmemarknadskommittén 2018. [Online]

Available at:

[https://www.energiforetagen.se/globalassets/energiforetagen/statistik/fjarrvarme/miljovardering-av-fjarrvarme/hjalp-vid-berakning/vmk\\_overskommelse\\_2018.pdf?v=BZDBi5kBrQadXZvXz49ZdU4Z0DA](https://www.energiforetagen.se/globalassets/energiforetagen/statistik/fjarrvarme/miljovardering-av-fjarrvarme/hjalp-vid-berakning/vmk_overskommelse_2018.pdf?v=BZDBi5kBrQadXZvXz49ZdU4Z0DA)  
[Accessed 25 10 2019].

# Bilaga 1. Antaganden och beräkningsförutsättningar

Antaganden vid framtagande av emissionsfaktorer för nordisk elmix

- **Elproduktionsstatistik:** Den europeiska statistikdatabasen ENTSO-E har använts för beräkningarna. (ENTSO-E, 2019).
- **Allokering vid kraftvärme:** Alternativproduktionsmetoden och alternativverkningsgrader enligt Energiföretagen Sverige och EU:s kraftvärmedirektiv (alternativverkningsgraderna tillämpas även vid kondensproduktion).
- **Antaganden om bränslen:** Vid oklarheter om vilket bränsle som avses i statistiken eller där emissionsfaktorer saknas har följande antaganden gjorts:
  - All användning av olja har antagits vara Eldningsolja 1.
  - Fossil gas har antagits som naturgas i Danmark, Finland och Norge. I Sverige har fossil gas antagits som 50 % naturgas och 50 % masugnsgas.
  - ENTSO-E-kategorin "Fossila bränslen (mixade bränslen)" har antagits som torv i Sverige. Kategorin förekommer inte för övriga länder.
  - Biomassa har antagits som övriga trädbränslen för Danmark och Norge. Biomassa har antagits som 50 % övriga trädbränslen och 50 % avlutar i Finland och Sverige.
  - Avfall har antagits vara hushållsavfall. För Danmark har det icke-förnybara avfallet antagits som Eldningsolja 1 och den förnybara avfallsdelen har antagits som övriga trädbränslen.
  - Norge har en mindre andel elproduktion (ca 0,5 % av deras totala produktion) inom kategorin "non identified net generation". Denna har antagits som vattenkraft.
- **Emissionsfaktorer för bränslen:** Emissionsfaktorer är för de flesta bränslen och elproduktionsslag hämtade från Miljöfaktaboken 2011 (Gode et al., 2011). Solkraft är hämtad från Vattenfall (2019), primära trädbränslen och industriell spillvärme från Värmemarknadskommitténs överenskommelse (VMK, 2018) och masugnsgas från Martinsson (2011).