



Koldioxidbudget och vägar till en fossilfri framtid för Järfälla kommun

Kevin Anderson, Isak Stoddard & Jesse Schrage

SAMMANFATTNING MED HUVUDSAKLIGA RESULTAT

Denna rapport är resultatet av forskning som Centrum för Hållbar Utveckling (CEMUS) vid Uppsala Universitet och SLU genomfört på uppdrag av Järfälla kommun. Rapporten redogör för beräkningen av en koldioxidbudget för Sverige vilket sedan följs av en beräkning av Järfälla kommuns koldioxidbudget. Rapporten avslutas med ett kapitel som redogör för utsläppsminskningar och möjliga åtgärder för att Järfälla kommun ska göra sitt rättvisa bidrag till Parisavtalet och bana väg för omställningen till en fossilfri framtid. Rapportens huvudsakliga resultat sammanfattas här nedan.

Med nuvarande globala utsläppsnivåer kommer Parisavtalet brytas inom 18 år

För att ha en rimlig chans att uppfylla Parisavtalets 2°C-åtagande återstår endast 490-640 miljarder ton koldioxid som energisektorn kan släppa ut globalt. Detta koldioxidbudgets spann förutsätter utöver drastiska utsläppsminskningar inom energisektorn, även en omedelbar minskning av koldioxidutsläpp från den globala cementproduktionen, och en drastisk minskning vad gäller utsläpp från avskogning. Med nuvarande globala utsläppsnivåer av koldioxid från energisektorn kommer hela denna koldioxidbudget överskridas inom 14-18 år. 1.5°C målet i Parisavtalet är tyvärr inte längre ett rimligt eller nåbart åtagande.¹

Sverige och Järfälla kommun behöver sikta mot 15 % utsläppsminskningar per år

För Sveriges del betyder Parisavtalets 2°C-åtagande en återstående koldioxidbudget på 300-600 miljoner ton koldioxid. Med nuvarande årliga utsläpp kommer denna koldioxidbudget använts upp på endast 6-12 år.² Både Sverige och Järfälla kommun behöver påbörja en omedelbar minskning av koldioxidutsläppen med ett minimum av årliga utsläppsminskningar på 10 % i absoluta termer – men snabbt öka denna takt upp till 15 % per år. Om en lägre ambitionsnivå sätts i form av en fördröjd start eller lägre årliga utsläppsminskningar, innebär antingen att en trolig chans att uppnå 2°C åtagandet inte längre är möjligt, eller att ännu mer drastiska utsläppsminskningar krävs. Notera att andra kommuner i Sverige även behöver anamma en minst lika ambitiös agenda för utsläppsminskningar för att den Svenska koldioxidbudgeten inte ska överskridas.

¹ Endast om utsläppsminskningar baserade på koldioxidbudgetar för en trolig chans att klara av 2°C-åtagandet realiseras, *samtidigt* som mycket spekulativa negativa utsläppsteknologier visar sig vara framgångsrika i ett tidigt skede och på en planetär skala, kan 1.5°C ses som en möjlighet – åtminstone i teorin.

² Denna slutsats bygger på att en sammanvägd topp för utsläpp från fattigare icke-OECD länder inträffar mellan 2022 och 2023, med en 10 % årlig utsläppsminskning år 2045 och över 95 % minskning av utsläpp (jmf med 2015) i början av 2060-talet. Detta är en långt mer ambitiös agenda för dessa länder än det som diskuterades i Paris.

Järfälla kommun och Sverige har ett ansvar att stödja fattigare länder i deras omställning

Det finns två huvudsakliga anledningar till att Järfälla kommun och Sverige har ett klimatansvar som sträcker sig över geografiska gränser till det globala planet. För det första innebär en 2-gradershöjning av den globala temperaturen ett reellt hot mot människors och ekosystems överlevnad. Det här är en etisk överlevnadsfråga men även en pragmatisk: det som händer i andra delar av världen påverkar i allra högsta grad oss i Sverige. Dessutom bidrar vi även till utsläpp i andra fattigare länder genom vår konsumtion. För det andra är Järfällas koldioxidbudget beräknad utifrån att andra, även fattiga länder, också minskar sina utsläpp drastiskt - långt snabbare än något som diskuterats i Paris. De utsläppsminskningar från fattigare länder som den här rapporten efterfrågar är långt ifrån rättvisa utifrån deras historiska och samtida mycket begränsade bidrag till klimatförändringarnas orsaker och dessa länder kommer behöva stöd i sitt arbete för att kunna realisera dessa minskningar. Vi rekommenderar därför att en ytterligare utredning genomförs som undersöker de olika former av finansiellt och tekniskt stöd och samarbete som ett land som Sverige och en kommun som Järfälla skulle kunna bidra med för att ta itu med denna orättvisa fördelning av klimatbördan, inom ramarna för kommunens rådighet och lagstiftning kring användandet av skattemedel (t.ex. genom upprättandet av vänorter).

Järfälla kommun kan bana väg för omställningen mot ett hållbart och fossilfritt samhälle

Järfälla kommuns territoriella utsläpp är låga jämfört med många andra kommuner och kommer främst från transporter och arbetsmaskiner. Järfälla kommun har nu chans att ta ledarskap i klimatfrågan. För detta krävs konsekventa åtgärder inom kommunens egen verksamhet och inom kommunens gränser. Styrmedel som minskar efterfrågan på energi behöver kombineras med utbyggnad av ett fossilfritt energisystem och policys som möjliggör de långsiktiga och ambitiösa investeringar som krävs. Järfälla kan visa vägen och möjliggöra för andra regioner eller kommuner i både Sverige och andra länder att tidigarelägga och påskynda en snabb omställning till en fossilfri och hållbar framtid.

INNEHÅLL

Sammanfattning med huvudsakliga resultat	1
1. Introduktion.....	4
Uppdraget och frågor som rapporten besvarar	4
Parisavtalet - rättvisa utsläppsminskningar på vetenskaplig grund.....	4
Från globala till lokala koldioxidbudgetar – en kort översikt av metoden i rapporten.....	4
2. Kvantifiering av Parisavtalets innebörd: en koldioxidbudget för sveriges energisystem	6
IPCC:s globala koldioxidbudgetar	6
Parisavtalet.....	8
Från kvalitativa skyldigheter till kvantitativa målsättningar	8
Den globala koldioxidbudgeten för Energisektorn från juli 2017	9
Beaktande av utsläpp från avskogning och cementproduktion (enbart process-CO ₂)	10
Fördelning av den globala koldioxidbudgeten Mellan industrialiserande och industrialiserade länder	10
Scenarier och koldioxidbudget för industrialiserande länder	11
Koldioxidbudget för OECD länder	12
Sveriges koldioxidbudget (för ett rättvist bidrag till en trolig chans att uppnå 2°C åtagandet)	12
Svenska utsläppsminskningar för att möta 2°C åtagandet	14
Miljömålsberedningens arbete och det föreslagna svenska klimatpolitiska ramverket.....	16
3. Kvantifiering av Parisavtalets innebörd: En koldioxidbudget för Järfälla kommun.....	18
Fördelning av Sveriges koldioxidbudget mellan kommuner	18
En koldioxidbudget för Järfälla kommun.....	19
4. Scenarier för utsläppsminskningar och vägar till en fossilfri framtid i Järfälla kommun och Sverige	22
Järfällas utsläppsminskningar för att möta 2°C åtagandet	22
Järfällas utsläpp – en kort analys.....	23
Ett ramverk för Järfällas energi- och klimatplan	24
Vägar till en fossilfri framtid för Järfälla kommun.....	25
Järfälla och den globala klimatomställningen	27
Appendix	29
Appendix 1 – Negativa Utsläppsteknologier och 2°C.....	29
Appendix 2 – Utsläpp från avskogning och cementproduktion	30
Appendix 3 – Fördelning av den globala koldioxidbudgeten till industrialiserade länder	33
appendix 4 – Fördelningsprinciper för Koldioxidbudgetar.....	36

1. INTRODUKTION

UPPDRAGET OCH FRÅGOR SOM RAPPORTEN BESVARAR

Kommunfullmäktige har beslutat att utreda konsekvenserna av att anpassa miljöplanen för Järfälla kommun till temperaturåtaganden i det så kallade Parisavtalet och miljömålsberedningens krav.

Uppdraget, som resulterat i denna rapport, innebär att svara på följande frågor:

1. Kan Järfälla kommun arbeta mot 1.5°C målet? Om inte, varför?
2. Finns det illustrativa exempel på hur en kommun kan arbeta med 2°C målet och göra sitt rättvisa bidrag till de temperaturåtaganden som Parisavtalet innebär (samt satt i relation till miljömålsberedningens arbete och nyligen publicerade utredningar, om lämpligt).

Denna rapport är tänkt att fungera som underlag till den energi- och klimatplan som förvaltningen planerar att ta fram. Energi- och klimatplanen är ett styrdokument som utgår ifrån miljöplanen för kommunen.

PARISAVTALET - RÄTTVISA UTSLÄPPSMINSKNINGAR PÅ VETENSKAPLIG GRUND

Parisavtalet³ innebär ett historisk åtagande av ledare i världen. Det innebär att världens länder förband sig att agera och begränsa den pågående globala uppvärmningen till väl under 2°C med ambitionen att sikta på 1.5°C: "hold the increase in ... temperature to well below 2°C ... and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5°C."

Parisavtalet innebär även att de nödvändiga utsläppsminskningarna ska ske i linje med den bästa tillgängliga vetenskapen och baserat på principer av rättvisa: "undertake rapid reductions [in greenhouse gas emissions] in accordance with the best available science [...] and on the basis of equity".

FRÅN GLOBALA TILL LOKALA KOLDIOXIDBUDGETAR – EN KORT ÖVERSIKT AV METODEN I RAPPORTEN

Koldioxidbudgetar från Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Synthesis Report (AR5) har använts som bas för att beräkna utsläppsutrymmet som kvarstår på den globala nivån för att kunna uppnå de temperaturåtaganden som är inskrivna i Parisavtalet. Utifrån den

³United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *The Paris Agreement*.
http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php

globala koldioxidbudgeten har ett nationellt koldioxidbudgetspann för Sverige beräknats, baserat på två olika fördelningsprinciper.⁴

Detta budgetspann för Sverige har sedan ytterligare fördelats ner till kommunnivå, utifrån ett antal faktorer baserat på principer av rättvisa (så som befolkning, storlek på ekonomin, nuvarande och tidigare utsläpp, BNP/capita). Järfällas regionala koldioxidbudgetspann har sedan översatts till ett antal scenarier för utsläppsminskningar som är nödvändiga om Järfälla vill göra sitt rättvisa och vetenskapligt grundade bidrag till Parisavtalets uppfyllande. Koldioxidbudgeterna och de scenarier för utsläppsminskningar som de resulterar i, innefattar alla aktiviteter i Järfälla kommun som kräver energi och innefattar endast utsläppen från det geografiska området (så kallade territoriella utsläpp). Koldioxidbudgeterna innefattar alltså inte de utsläpp som genereras genom konsumtion av varor och tjänster (så kallade konsumtionsbaserade utsläpp), och inte heller indirekta utsläpp från jord- och skogsbruk.⁵

⁴ De två fördelningsprinciperna är: Suveränitetsprincipen som baseras på historiska utsläpp samt den Egalitära Principen som bygger på befolkningsmängd.

⁵ Denna avgränsning var nödvändig på grund av rapportens begränsade omfattning. De utsläppsminskningar som beräknats i denna rapport kan dock även ses som en vägledande minsta minskningstakt även för de konsumtionsbaserade utsläppen.

2. KVANTIFIERING AV PARISAVTALETS INNEBÖRD: EN KOLDIOXIDBUDGET FÖR SVERIGES ENERGISYSTEM

Denna del av rapporten översätter temperaturmässiga och rättvisebaserade åtaganden inskrivna i Parisavtalet till ett spann av koldioxidbudgetar för Sverige från juli 2017 fram till den tidpunkt då vi når nollutsläpp på global nivå. För att förstå och kontextualisera slutsatserna av denna analys, är det viktigt att vara medveten om de huvudsakliga antaganden som har gjorts:

1. En mycket konservativ läsning av åtaganden i Parisavtalet; följaktligen bör slutsatserna förstås som ett mycket optimistiskt spektrum av koldioxidbudgetar och en minimal nivå av utsläppsminskningar.
2. Alla andra stora utsläppare antas göra sina respektive bidrag till att minska sina utsläpp i linje med (som ett minimum) en liknande analys av Parisavtalet (med andra ord finns det inga betydande "fripassagerare" i analysen).
3. Inga 'negativa utsläppsteknologier' (NETs) antas användas för att utöka koldioxidbudgeterna (med andra ord att göra utsläppsminskningarna mindre betungande). Se Box 1 i Appendix 1 för detaljer kring detta.
4. Inga återkopplingar i kolcykeln har räknats med, förutom de som inkluderats i de modeller som underbygger IPCCs koldioxidbudgetar. Exempelvis har koldioxidbudgeterna i denna rapport inte begränsats för att ge utrymme åt metanutsläpp från smältande permafrost eller ökad jordmetabolism då temperaturer på jorden stiger.⁶
5. Koldioxidutsläpp från avskogning antas kompenseras, genom hela 2000-talet, av koldioxidlagring genom en progressiv och förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF).
6. Utsläpp från internationella transporter med flyg och sjöfart har inkluderats i beräkningen av Sveriges koldioxidbudgetar. Om dessa utsläpp istället skulle betraktas separat⁷ så skulle motsvarande kumulativa utsläpp (under hela århundradet) behöva avlägsnas från Sveriges koldioxidbudgetar.

IPCC:S GLOBALA KOLDIOXIDBUDGETAR

I November 2014 publicerade IPCC (the Intergovernmental Panel on Climate Change) *The Climate Change 2014 Synthesis report*.⁸ Denna rapport sammanför expertis från IPCCs olika

⁶ För en detaljerad översikt i denna fråga, se artikel i tidskriften Nature: Crowther, Todd-Brown et al. (2016) [Quantifying global soil carbon losses in response to global warming](#).

⁷ Till exempel som ansvaret av organisationer som 'International Maritime Organisation', IMO och 'International Civil Aviation Authority' ICAO.

⁸ IPCC (2014), *The Climate Change 2014 Synthesis Report*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

arbetsgrupper och presenterar en tydlig samling “kumulativa koldioxidutsläpp” (koldioxidbudgetar) för en rad olika sannolikheter att begränsa uppvärmningen till mindre än 1.5°C, 2°C och 3°C (relativt till en referensnivå mellan 1861 och 1880).

Dessa budgetar kommer fortsätta studeras och finjusteras av klimatvetenskapen. Men, i väntan på att en ny konsensus nås⁹, är IPCCs budgetar de mest pålitliga och vederhäftiga beräkningarna och bör utgöra en bas för all evidensbaserad policy kring energifrågor i relation till klimatförändringar. Den senaste sammanställningen av IPCCs globala koldioxidbudgetar återfinns i Tabell 2.2 i IPCCs Synthesis Report från 2014. Tabellen återges i Figur 1 nedan, med pilar som identifierar de mest relevanta raderna för denna rapport.

Table 2.2 | Cumulative carbon dioxide (CO₂) emission consistent with limiting warming to less than stated temperature limits at different levels of probability, based on different lines of evidence. {WGI 12.5.4, WGIII 6}

Cumulative CO ₂ emissions from 1870 in GtCO ₂									
Net anthropogenic warming ^a	<1.5°C			<2°C			<3°C		
Fraction of simulations meeting goal ^b	66%	50%	33%	66%	50%	33%	66%	50%	33%
Complex models, RCP scenarios only ^c	2250	2250	2550	2900	3000	3300	4200	4500	4850
Simple model, WGIII scenarios ^d	No data	2300 to 2350	2400 to 2950	2550 to 3150	2900 to 3200	2950 to 3800	n.a. ^e	4150 to 5750	5250 to 6000
Cumulative CO ₂ emissions from 2011 in GtCO ₂									
Complex models, RCP scenarios only ^c	400	550	850	1000	1300	1500	2400	2800	3250
Simple model, WGIII scenarios ^d	No data	550 to 600	600 to 1150	750 to 1400	1150 to 1400	1150 to 2050	n.a. ^e	2350 to 4000	3500 to 4250
Total fossil carbon available in 2011 ^f : 3670 to 7100 GtCO ₂ (reserves) and 31300 to 50050 GtCO ₂ (resources)									

FIGUR 1: SANNOLIKHETEN ATT BEGRÄNSA DEN GLOBALA ÖKNINGEN AV MEDELTEMPERATUR VID OLIKA MÄNGDER AV GLOBALA KUMULATIVA UTSLÄPP (KOLDIOXIDBUDGETAR). TAGET FRÅN TABELL 2.2 FRÅN IPCC SYNTHESIS REPORT (2014).

Koldioxidbudgetarna för temperaturintervallen under 1.5°C och 2°C (<1.5°C & <2°C på raden markerad med den vita pilen) är vårt fokus i denna rapport. Raden markerade med den gråa pilen innehåller sannolikheterna för att hamna under respektive temperatur. För en mer precis beskrivning av dessa sannolikheter se beskrivningen till denna tabell i IPCCs originalrapport. Koldioxidbudgetarna för var och en av dessa sannolikheter för 1.5°C och 2°C kan utläsas i raden markerad med den svarta pilen.

Koldioxidbudgeterna är angivna i GtCO₂, med andra ord gigaton koldioxid. Viktigt att notera att budgeterna är beräknade för år 2011 och framåt; denna rapport anpassar koldioxidbudgeterna så att utsläpp mellan 2011 och juli 2017 tas i beaktning, med utsläppen för perioden 2016 till juli 2017 extrapolerade från de senaste årens utsläppsnivåer.

⁹ IPCCs nästa syntesrapport beräknas exempelvis komma ut år 2022.

Nota Bene: Inför förberedandet av denna rapport hölls konfidentiella samtal med en mindre skara utvalda klimatforskare om lämpligheten av att fortsätta använda koldioxidbudgetarna från IPCCs AR5 som grund för vår analys. Det rådde stor samstämmighet om att dessa beräkningar så småningom behöver förfinas ytterligare utifrån den senaste forskningen, men att de för närvarande är tillämpliga för analysen i denna rapport. En intressant aspekt i diskussionen var att koldioxidbudgeternas storlek påverkas mycket mindre av framsteg i den vetenskapliga förståelsen än av eventuella förändringar av antaganden om utsläppsnivåer och tidslinjer för övriga växthusgaser (utöver CO₂).

PARISAVTALET

I december 2015 antog alla 195 medlemsländer av UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) den slutgiltiga texten av Parisavtalet. En av de huvudsakliga målsättningarna med avtalet är att begränsa den globala medeltemperaturen till väl under 2°C: *“hold the increase in the global average temperature to well below 2 °C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change”*.

Ett annat viktigt åtagande i Parisavtalet och av särskild relevans för analysen i denna rapport är de olika förutsättningar som länder har att minska sina utsläpp: *“Parties aim to reach global peaking of greenhouse gas emissions as soon as possible, recognizing that peaking will take longer for developing country Parties”*. Denna särskilda distinktion mellan industrialiserade och fattigare utvecklingsländer är viktig i relation till avgörandet om hur den återstående koldioxidbudgeten ska fördelas mellan länder.

FRÅN KVALITATIVA SKYLDIGHETER TILL KVANTITATIVA MÅLSÄTTNINGAR

Språket i internationella avtal om klimatförändring är ofta inramat i kvalitativa termer i relation till kvantitativa temperaturer. Klimatkonventionen från Köpenhamn innefattar t.ex. formuleringen *“hold ... below 2°C”*; Camp David deklARATIONEN; *“limit... the increase ... below 2°C”*; och nu Parisavtalets *“well below 2°C”* samt *“pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C”*. Med dessa formuleringar vore det oärligt att föreslå något annat än att de binder oss till utsläppsminskningar i linje med åtminstone en trolig (*“likely”*) chans att inte överskrida 2°C. Med Parisavtalets formulering att sträva efter max 1.5°C, antyder detta avtal tydligt en ännu starkare sannolikhet, så åtminstone en mycket trolig (*“very likely”*) chans att inte överskrida 2°C.

I ett vägledande dokument till författarna av den senaste IPCC rapporten¹⁰, återfinns en taxonomi av sannolikheter som möjliggör en översättning av kvalitativa åtaganden till kvantitativa målsättningar. Denna taxonomi återges i Figur 2 nedan där vi ser att språket i de

¹⁰ Vägledande dokumentet: <https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf>

internationella avtalen om klimatförändringar, från Köpenhamnsmötet och framåt, tydligt relaterar till en 66-100 % sannolikhet att inte överskrida 2°C. Parisavtalets formulering om att sträva mot 1.5°C i tillägg till 2°C, antyder en ännu högre chans att uppnå det sistnämnda målet – mer i linje med en 90-100% sannolikhet av 2°C.

Table 1. Likelihood Scale	
Term*	Likelihood of the Outcome
<i>Virtually certain</i>	99-100% probability
<i>Very likely</i>	90-100% probability
<i>Likely</i>	66-100% probability
<i>About as likely as not</i>	33 to 66% probability
<i>Unlikely</i>	0-33% probability
<i>Very unlikely</i>	0-10% probability
<i>Exceptionally unlikely</i>	0-1% probability

“well below 2°C → *Likely*

“pursue ... 1.5°C → *Unlikely*

FIGUR 2: EN TAXONOMI FÖR ÖVERSÄTTNING AV KVALITATIVA ÅTAGANDEN TILL KVANTITATIVA MÅLSÄTTNINGAR, FRÅN DOKUMENTET MED VÄGLEDANDE KOMMENTARER TILL IPCC:S FÖRFATTARE (TABELL 1).

Följaktligen leder Parisavtalets kvalitativa åtaganden och sekventiella logik till en global koldioxidbudget (enligt IPCCs Synthesis Report) på mellan 850 och 1000 GtCO₂. Den lägre ändan av detta spektrum motsvarar en osannolik (*“unlikely”*) chans att begränsa uppvärmningen till under 1.5°C (med andra ord en sannolikhet på 0 till 33 % av <1.5°C) medan den övre ändan motsvarar en trolig (*“likely”*) chans att begränsa uppvärmning till under 2°C (med andra ord en sannolikhet på 66-100% av <2°C).

DEN GLOBALA KOLDIOXIDBUDGETEN FÖR ENERGISEKTORN FRÅN JULI 2017

Spannet av globala koldioxidbudgetar från 850 till 1000 GtCO₂ gäller koldioxidutsläpp från alla sektorer för perioden 2011 och fram tills vi når nollutsläpp globalt. För att beräkna det återstående utsläppsutrymmet från juli 2017, behöver därmed utsläpp mellan 2011 och juni 2017 dras ifrån det ovan nämnda budgetspannet. Baserat på data från CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Centre)¹¹, extrapolerat till juni 2017, har åtminstone 260GtCO₂ släppts ut sedan 2011; vilket resulterar i ett globalt budgetspann på 590 till 740GtCO₂ för perioden juli 2017 och fram till vi når nollutsläpp globalt.

¹¹ Se: <http://cdiac.ornl.gov/>

BEAKTANDE AV UTSLÄPP FRÅN AVSKOGNING OCH CEMENTPRODUKTION (ENBART PROCESS-CO₂)

Då denna analys fokuserar på koldioxidbudgetar för energisektorn behöver uppskattade framtida utsläpp från global avskogning och industriella processutsläpp för perioden efter juli 2017 dras ifrån koldioxidbudgetarna. Industriella processutsläpp relaterar huvudsakligen till cementproduktion. Baserat på forskning nyligen publicerat i Nature Geoscience¹², är en optimistisk uppskattning av de kumulativa utsläppen från avskogning 60GtCO₂ och från process-utsläpp från cementproduktion 150GtCO₂ (för perioden 2016 fram till 2100).

För analysen i denna rapport har ännu mer optimistiska antaganden gjorts för båda sektorer, i linje med de enorma och drastiska utsläppsminskningarna som efterfrågas av energisektorn. I linje med grundantagande 5 till denna del av rapporten (se ovan) har inget avdrag gjorts på den globala koldioxidbudgeten för att kompensera för avskogning. För denna rapport har vidare antagits att processutsläppen från cementproduktion är 100 GtCO₂ för perioden efter juli 2017. Därmed blir det globala spannet för koldioxidbudgetar från energi mellan 490 och 640 GtCO₂ (från juli 2017), när utsläpp från avskogning och cement tagits i beaktande. För en detaljerad redogörelse av dessa beräkningar, se Appendix 2.

FÖRDELNING AV DEN GLOBALA KOLDIOXIDBUDGETEN MELLAN INDUSTRIALISERANDE OCH INDUSTRIALISERADE LÄNDER

Detta är ett område där olika tolkningar av rättvisa i relation till nationella koldioxidbudgetar kan ge potentiellt mycket olika resultat. För en redovisning av de antaganden som underbygger analysen i denna rapport, se Appendix 3. Tillvägagångssättet vi valt för denna rapport bygger på en pragmatisk och öppen fördelningsprocess som använts i en rad analyser och rapporter på internationell nivå sedan 2011. Sammanfattningsvis utgår detta tillvägagångssätt från det mycket begränsade utsläppsutrymmet i koldioxidbudgetar för 2°C, och ställer sig sedan frågan när den mest ambitiösa sammanlagda utsläppstoppen¹³ för fattigare, industrialiserande länder skulle kunna inträffa, samt hur stora årliga utsläppsminskningar som därefter skulle kunna genomföras. De rika OECD ländernas utsläppsutrymme blir då det mycket begränsade utrymme som sedan återstår i koldioxidbudgeten.

Detta tillvägagångssätt är i linje med den internationellt etablerade principen om ett gemensamt men differentierat ansvar ("*Common But Differentiated Responsibilities*"- CBDR) som klimatkonventionen och Parisavtalet bygger på. Denna princip erkänner de rika ländernas större ansvar utifrån både deras större bidrag till klimatförändringar över tid (historiskt ansvar) och deras större kapacitet att göra något åt det (högre inkomster, existerande infrastruktur, institutioner m.m.). Principen erkänner även de fattigare ländernas rätt till utveckling och de

¹² Anderson, K. 2015, Duality in climate science. Nature Geoscience Oct. 2015 <http://rdcu.be/eoQY>

¹³ Den sammanlagda utsläppstoppen är den tidpunkt då koldioxidutsläppen når sitt högsta värde.

rikare ländernas ansvar att möjliggöra för dessa att både undvika utsläpp genom finansiellt och teknologiskt stöd, och till att anpassa sig till effekterna av klimatförändringarna.

Parisavtalet innebär således att ett land som Sverige, och även en kommun som Järfälla, måste både säkerställa drastiska utsläppsminskningar *inom sitt territorium* i linje med den här rapporten *och samtidigt* bidra med både klimatfinansiering och överföring av teknologi för att möjliggöra utsläppsminskningar i andra, fattigare länder samt resurser för anpassningsåtgärder.¹⁴ I korthet betyder detta att Järfälla kommun, utöver sina egna ambitiösa utsläppsminskningar, skulle behöva möjliggöra omställningen i en eller flera kommuner/regioner i andra länder. Detta faller dock utanför ramen för denna rapport.¹⁵

SCENARIER OCH KOLDIOXIDBUDGET FÖR INDUSTRIALISERANDE LÄNDER

För denna rapport har en serie uppdaterade scenarier genererats (se Box 3 i Appendix). Dessa bygger på tidigare forskning¹⁶ samt erkänner även det formulerade villkoret i Parisavtalet att fattigare och mindre industrialiserade länder behöver längre tid på sig att fasa ut fossila bränslen och ställa om sitt energisystem än vad rikare och mer industrialiserade länder behöver. Mindre industrialiserade länder räknas i denna rapport som tillhörande icke-OECD grupperingen; i relation till koldioxidutsläpp är detta tillräckligt nära grupperingar av länder som används i de internationella klimatförhandlingarna (*Non-Annex 1* och *Non-Annex B*), för att inte riskera någon märkbar skillnad i slutsatserna från analysen.

Scenarierna för icke-OECD länder framtagna för denna rapport antar en mycket ambitiös takt för utsläppsminskningar – mer ambitiös än vad som hittills övervägts i liknande analyser. Likväl har de totala utsläppen från dessa scenarier grundläggande och mycket utmanande implikationer för uppfyllandet av temperaturåtaganden i Parisavtalet samt det återstående utsläppsutrymmet för OECD länder inom spannet av koldioxidbudgetar för 2°C.

De kumulativa koldioxidutsläppen för icke-OECD regionen (efter juli 2017) har i denna rapport tilldelats ett spann på:

Scenario 1 – S1: Utsläppstopp år 2020; 10 % årlig utsläppsminskning vid år 2042; 95 % minskning av CO₂ till 2060 = **502GtCO₂**

Scenario 6 – S6: Utsläppstopp år 2025; 10 % årlig utsläppsminskning vid år 2047; 95 % minskning av CO₂ till 2065 = **620GtCO₂**

¹⁴ Se t.ex. *Fair Shares: A Civil Society Review of INDCs Report*, November 2015, http://civilsocietyreview.org/wp-content/uploads/2015/11/CSO_FullReport.pdf

¹⁵ Den här rapporten har inte haft möjlighet att analysera och kvantifiera implikationer för Sverige eller Järfälla av den nödvändiga klimatfinansieringen, teknologiöverföringen och anpassningsåtgärderna men poängterar att detta ansvar bör vidkännas och kvantifieras framöver.

¹⁶ Anderson, K., and Bows., A., 2011, *Beyond dangerous climate change: emission pathways for a new world*, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 369, 20-44, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1934/20>

Slutsatsen man kan dra av detta är att även en mycket ambitiös agenda för utsläppsminskningar för icke-OECD regionen resulterar i kumulativa utsläpp för koldioxidutsläpp som inte uppnår målet om en icke trolig (*"unlikely"*) chans att klara 1.5°C åtagandet (med andra ord 490GtCO₂). Följaktligen, från ett koldioxidbudget- och utsläppsminskningssperspektiv är 1.5°C inte längre ett genomförbart temperaturåtagande.

Dessutom, även med denna agenda för utsläppsminskningar för icke-OECD länder, som är långt mer ambitiös än något som diskuterades i Paris, skulle koldioxidbudgeten (enbart energi) för en mycket trolig (*"very likely"*) chans att klara 2°C-åtagandet överskridas. Med andra ord, en strikt läsning av den politiska inramningen i Parisavtalet om väl under (*"well below"*) 2°C är inte heller en genomförbar målsättning. För den mer konservativa läsningen av Parisavtalet som underbygger denna rapport är koldioxidbudgeten för en trolig (*"likely"*) chans att klara 2°C fortfarande genomförbar – men knappt. Även den oerhört höga ambitionsgraden som underbygger scenarierna för icke-OECD regionen resulterar ändå i utsläpp som upptar mellan 78 % och 97 % av den återstående globala koldioxidbudgeten för en trolig chans att hålla den globala temperaturökningen under 2°C.

KOLDIOXIDBUDGET FÖR OECD LÄNDER

Ovanstående resonemang visar att villkoret i Parisavtalet som säger att länder ska försöka begränsa uppvärmningen till 1.5°C (*"to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C"*), inte längre är ett genomförbart åtagande. Vidare är en mycket trolig (*"very likely"*) chans att begränsa temperaturökningen till väl under 2°C (*"well below 2°C"*) nu bortom alla tänkbara globala försök till utsläppsminskningar. Att begränsa utsläpp inom koldioxidbudgetar för en trolig (*"likely"*) chans att hamna under 2°C är däremot fortfarande en möjlig målsättning, åtminstone i teorin. Det är denna agenda som nu är i fokus för den återstående analysen i denna del av rapporten.

Med en global koldioxidbudget (enbart energi) på 490 till 640 GtCO₂ (efter juli 2017), och med kumulativa utsläpp från icke-OECD länder (enligt scenarier S1 och S6) på 502 till 620 GtCO₂, är det återstående budgetspannet för OECD-regionen som mest 140 GtCO₂ och som minst 20 GtCO₂. Översatt till teoretiska utsläppsminskningstakter resulterar detta i omedelbara och långvariga utsläppsminskningar på mellan 9 % och 40 % per år.

SVERIGES KOLDIOXIDBUDGET (FÖR ETT RÄTTVIST BIDRAG TILL EN TROLIG CHANS ATT UPPNÅ 2°C ÅTAGANDET)

Det finns ett antal olika fördelningsprinciper som kan användas när det kommer till att fördela den återstående koldioxidbudgeten för OECD till specifika länder eller regioner. Sådana metoder kan vara relativt enkla, så som fördelning baserat på befolkning eller s.k. 'grandfathering' (fördelning baserad på utsläppsnivåer den senaste tiden), eller mer detaljerade, så som fördelning baserade på ekonomiska resurser, geografisk och samhällelig kapacitet etc. I denna del av rapporten har två enkla metoder använts; *Suveränitetsprincipen*

även känd som 'grandfathering' (baserat på genomsnittliga utsläpp sedan 2010) samt den så kallade *Egalitära Principen* (baserad på befolkningsmängd). Överlag är dessa två fördelningsprinciper fördelaktiga för Sverige, genom att de minskar det relativa bidrag som Sverige annars skulle behöva leverera om dess höga inkomst per capita (~18% över genomsnittet i OECD), dess geografi och klimat (lämpligt för storskalig förnybar energiutveckling) och dess högutbildade (och miljömedvetna) väljarkår skulle tas i beaktande. Därmed är de koldioxidbudgetar som här har beräknats för Sverige i den högre ändan av spannet av de möjliga budgetar som skulle kunna beräknas om mer detaljerade och strikta rättvisepprinciper skulle använts. Se Appendix 4 för en mer utförlig genomgång av olika former av fördelningsprinciper.

När de två fördelningsprinciperna som använts i denna analys appliceras på statistik om Sverige och OECD (från 2010-2015), får Sverige en allokering på 0,361 % (grandfathering) och 0,767 % (befolkning) av OECDs koldioxidbudgetspann för energi (140 till 20 GtCO₂) från juli 2017 och framåt. Utifrån detta redovisas Sveriges koldioxidbudget i Tabell 1 nedan där de slutgiltiga (röda) kolumnerna presenterar siffror för det centrala budgetspannet i denna rapport.

TABELL 1: SVERIGES KOLDIOXIDBUDGET (MtCO₂) FÖR ENERGI FRÅN OCH MED JULI 2017 FÖR EN "TROLIG" CHANS ATT KLARA 2°C-ÅTAGANDET

Fördelningsprincip	<i>Baserat på OECD max värde 140GtCO₂^a</i>	<i>Baserat på OECD min. värde 20GtCO₂^b</i>		<i>Sveriges medelvärde CO₂ budget^c</i>	<i>Sveriges min. utsläppsminskningstakt</i>
'Grandfathering' (0,361 %)	505MtCO ₂	72MtCO ₂		289MtCO ₂	15 % per år
Befolkning (0,767 %)	1074MtCO ₂	153MtCO ₂		614MtCO ₂	(7 % per år.) ^d

a: antar en toppnotering av icke-OECD utsläpp år 2020

b: antar en toppnotering av icke-OECD utsläpp år 2025

c: antar en toppnotering av icke-OECD utsläpp mellan 2022 och 2023 (för att undvika oäkta precision i analysen har detta budgetspann avrundats till mellan 300 och 600 MtCO₂ i sektionen "huvudsakliga resultat")

d: denna takt bör höjas till minst 10 % per år med omedelbar verkan, av flera olika anledningar, men främst på grund av de mycket ambitiösa och heltäckande utsläppsscenarierna för fattigare (icke-OECD) länder som analysen i denna rapport bygger på. Se nästföljande sektion för en mer ingående redogörelse.

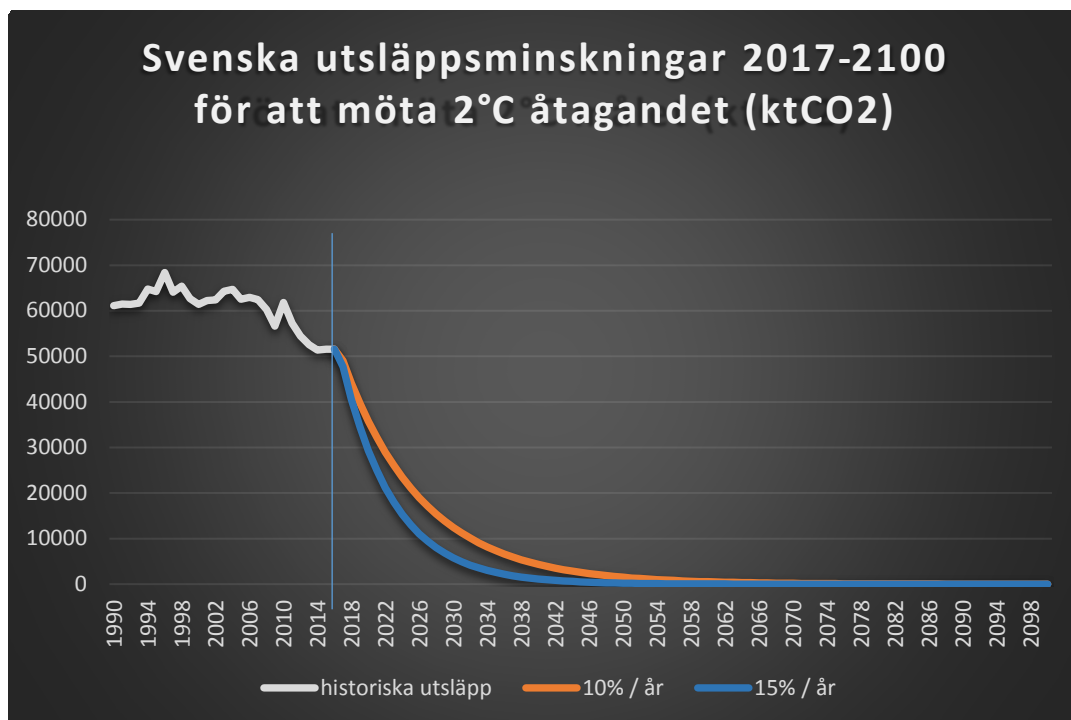
Som kan ses i Tabell 1 (se även kommentarer a till c) är koldioxidbudgeten för Sverige mycket känslig till det exakta datumet som icke-OECD länderna når en aggregerad toppnotering i utsläpp. Valet av fördelningsprincip är också viktig, men har ändå en relativt liten inverkan på storleken av Sveriges koldioxidbudget.

SVENSKA UTSLÄPPSMINSKNINGAR FÖR ATT MÖTA 2°C ÅTAGANDET

Som redan nämnts är det inte längre möjligt för det globala samfundet att minska energi-relaterade utsläpp i linje med de koldioxidbudgetspann ens för en icke trolig (*"unlikely"*) chans att hamna nära 1.5°C eller en mycket trolig (*"very likely"*) chans att hamna under 2°C. För en trolig (*"likely"*) chans att klara 2°C-åtagandet återstår fortfarande en liten möjlighet att hålla sig inom motsvarande budgetspann. Sveriges koldioxidbudgetspann gällande denna troliga chans att klara 2°C-åtagandet är sammanfattade i Tabell 1. Genom att översätta dessa budgetspann till enkla scenarier för utsläppsminskningar och takter, fås ett kvantitativt ramverk mot vilket politiska beslut och policyer kan granskas för att se om de är i linje med Parisavtalet eller ej.

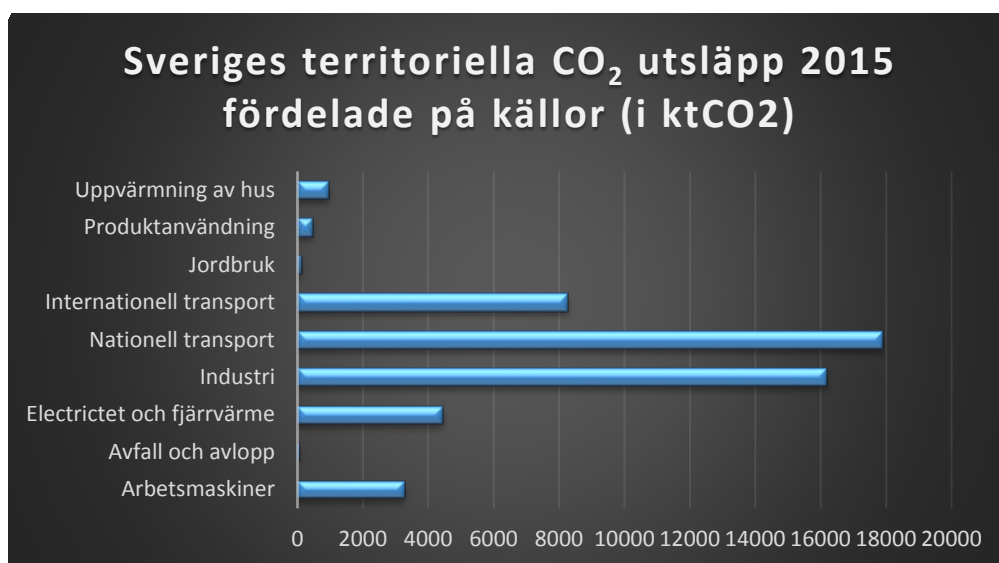
Den sista kolumnen i Tabell 1 översätter budgetspannen till stiliserade scenarier för utsläppsminskningar för Sverige. Dessa scenarier antar en konstant takt för utsläppsminskningarna, med start i juli 2017, som leder till utsläpp som inte överskrider de beräknade koldioxidbudgetarna. Denna takt är lägre än den som skulle krävas i verkligheten då den inte tar hänsyn till omställningstiden från Sveriges nuvarande mycket gradvisa och låga minskningar till de höga och ihållande utsläppsminskningar som möjliggör för Sverige att hålla sig inom sin koldioxidbudget.

Ett grundläggande problem med de föreslagna 7 till 15 % årliga utsläppsminskningarna beskrivna i Tabell 1, är den orättvisa situation som uppkommer då Sveriges agenda är beroende av mycket ambitiösa och heltäckande scenarier för icke-OECD länder (S1-S6). Under dessa omständigheter är en 7 % takt för årliga utsläppsminskningar i Sverige lägre än den som slutligen efterfrågas av icke-OECD länder (10 % per år). Givet den betydande (och växande) asymmetrin för nuvarande antropogena klimatförändringar mellan rikare och fattigare/industrialiserande länder, skulle det vara svårt, om inte omöjligt att rättfärdiga en lägre takt för svenska utsläppsminskningar än de som slutligen krävs av icke-OECD länder – även om det finns en betydande tidsförskjutning mellan de två. Av denna anledning är den huvudsakliga rekommendationen i denna rapport att Sveriges minimala takt för utsläppsminskningar är 10 % per år, och helst 15 % per år. Om detta inte genomförs med omedelbar verkan kommer den nödvändiga takten öka än mer, eller så kommer Sveriges relativa avsaknad av handlingskraft äventyra möjligheten för det globala samfundet att kunna uppnå temperaturåtagandet av 2°C från Parisavtalet. Figur 3 visar hur scenarierna för svenska territoriella utsläpp ser ut över tid vid 10 % respektive 15 % årliga utsläppsminskningar.



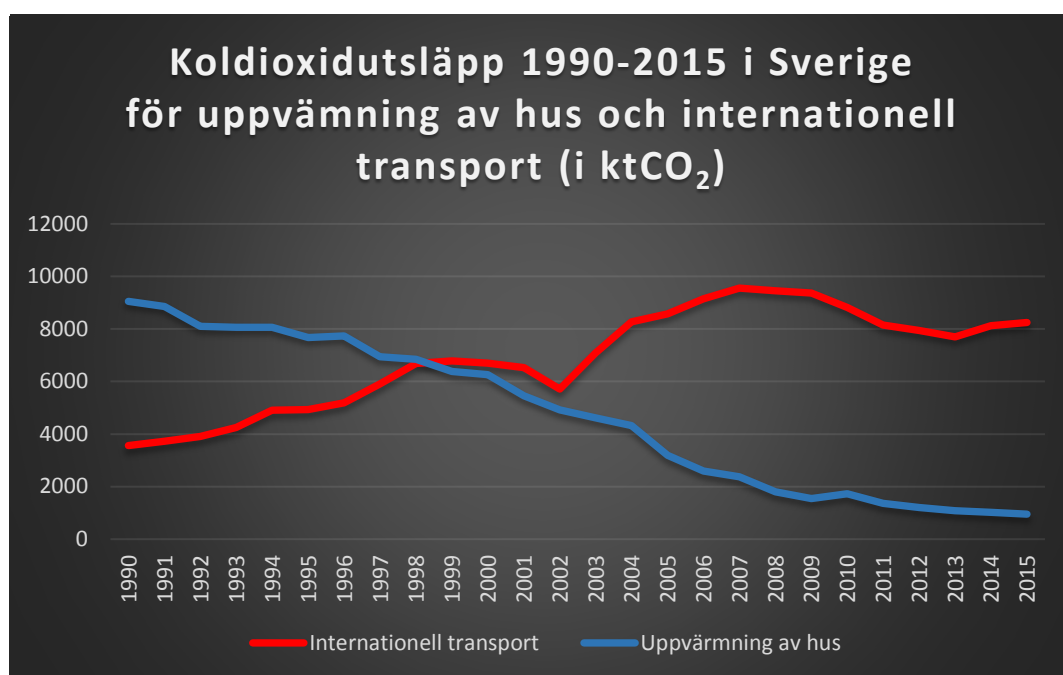
FIGUR 3: TVÅ UTSLÄPPSSCENARIER FÖR SVERIGE UTIFRÅN ÅRLIGA TERRITORIELLA UTSLÄPPSMINSKNINGAR AV KOLDIOXID PÅ 10 RESPEKTIVE 15 % FRÅN OCH MED JULI 2017. HISTORISKA UTSLÄPP BASERADE PÅ STATISTIK FRÅN MILJÖRÄKENSKAPERNA (STATISKA CENTRALBYRÅN).

I figur 4 nedan visas fördelning av de svenska territoriella koldioxidutsläppen fördelade på sektorer. Som ses i denna figur stod transporter och industrin för en majoritet av utsläppen 2015. Deras utsläpp har även varit mer eller mindre konstant över perioden 1990- 2015. Här finns stora utmaningar och möjligheter för Sverige, dess regioner och kommuner att föra en aktiv politik med styrmedel som drastiskt och omedelbart minskar utsläpp från dessa källor.



FIGUR 4: TERRITORIELLA KOLDIOXIDUTSLÄPP I SVERIGE 2015 FÖRDELADE PÅ OLIKA SEKTORER. KÄLLA: NATURVÅRDSVERKET (BERÄKNAT AV SMED FÖR DEN ÅRLIGA VÄXTHUSGASINVENTERINGEN).

I Figur 5 ses de historiska utsläppen från två olika sektorer som har haft motsatt utveckling de senaste decennierna. Utfasningen av fossila bränslen inom uppvärmningen av hus kan eventuellt ses som ett illustrativt exempel att dra lärdomar från i arbetet och förandet av en politik som minskar utsläppen inom andra sektorer. För den andra utsläppskällan i Figur 5 - internationell transport (sjö-och luftfart)¹⁷ - kan det dock bli svårt då alternativ till fossila bränslen idag är mycket begränsade inom dessa sektorer och kommer förbli så inom det tidsspann som är avgörande för om Parisavtalet levts upp till eller ej. Här behövs ändamålsenliga och effektiva styrmedel som ser till att dessa utsläppstrender genast vänds och drastiskt börjar minska. Detta gäller förmodligen för alla de huvudsakliga sektorerna som utgör Sveriges koldioxidutsläpp och som redovisas i Figur 4.



FIGUR 5: EN SVENSK SEKTOR VARS UTSLÄPP MINSKAT MED ÖVER 90 % PÅ 25 ÅR (UPPVÄRMNING AV HUS) OCH EN SOM MER ÄN DUBBLERATS UNDER SAMMA PERIOD (INTERNATIONELL TRANSPORT). KÄLLA: NATURVÅRDSVERKET (BERÄKNAT AV SMED FÖR DEN ÅRLIGA VÄXTHUSGASINVENTERINGEN).

MILJÖMÅLSBEREDNINGENS ARBETE OCH DET FÖRESLAGNA SVENSKA KLIMATPOLITISKA RAMVERKET

Miljömålsberedningen presenterade under 2016 två rapporter och betänkanden¹⁸ som underlag för framtagandet av ett förslag om ett svenskt klimatpolitiskt ramverk i form av en

¹⁷ Gäller både transport av människor och varor.

¹⁸ Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige – Ett delbetänkande från miljömålsberedningen [2016-03]: <http://www.regeringen.se/rattsdokument/statens-offentliga-utredningar/2016/03/sou-201621/> & En klimat och luftvårdsstrategi för Sverige, Del 1 och 2, Miljömålsberedningen [2016-06]: <http://www.regeringen.se/rattsdokument/statens-offentliga-utredningar/2016/06/en-klimat--och-luftvardsstrategi-for-sverige/>

lagrådsremiss i mars 2017¹⁹. I mycket korta drag föreslås att Sverige ska ha nått så kallat nettonollutsläpp år 2045. Miljömålsberedningens rapporter samt lagrådsremissen är ett steg i rätt riktning och skulle kunna få en betydande roll i att tackla klimatfrågan. Dessvärre saknar den nyligen antagna klimatlagen (i motsats till exempelvis den brittiska motsvarigheten) vetenskaplig grund och dessutom en sammanhängande redogörelse för hur det svenska klimatpolitiska ramverket garanterar att Sverige gör sitt rättvisa bidrag till uppfyllandet av Parisavtalet. Det antagna klimatpolitiska ramverket utgår inte från den mest aktuella och relevanta klimatforskningen i det att den inte byggt sin analys utifrån kumulativa utsläppsbudgetar utan ett långsiktig abstrakt politiskt mål samt svaga och otillräckliga delmål som har mycket lite att göra med den faktiska svenska klimatpåverkan eller uppfyllandet av åtaganden i Parisavtalet. Miljömålsberedningens krav är dessutom inte särskilt konkreta och till stor del inte applicerbara på kommunnivå, varvid en längre analys av dem inte är en del av denna rapport.

En preliminär uppskattning av utsläppen fram till 2045, om vi utgår ifrån det föreslagna klimatpolitiska ramverket, är att koldioxidutsläppen skulle kunna bli mer än 3 gånger högre (redan år 2045) än den koldioxidbudget för Sverige som i denna rapport beräknats för att klara 2°C-åtagandet. Om Sverige ska kunna leva upp till sin uttalade ambition att vara ett föregångsland i klimatomställningen, måste en långt mer ambitiös agenda än den som följer av den nu föreslagna klimatlagen initieras och påbörjas utan dröjsmål.

¹⁹ Lagrådsremiss om ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige [2017-02-02]:
<http://www.regeringen.se/rattsdokument/lagratsremiss/2017/02/ett-klimatpolitiskt-ramverk-for-sverige/>

3. KVANTIFIERING AV PARISAVTALETS INNEBÖRD: EN KOLDIOXIDBUDGET FÖR JÄRFÄLLA KOMMUN

Denna del av rapporten redogör för fördelningsprinciper som kan användas för att fördela en koldioxidbudget inom en nation. Detta appliceras på Sverige för att beräkna ett koldioxidbudgetspann och tillhörande utsläppsminskningar för Järfälla kommun. För att fördela den svenska koldioxidbudgeten mellan svenska kommuner behövs framöver en transparent, rättvis och väl förankrad fördelningsmodell på nationell nivå som försäkrar att de totala utsläppen från Sverige inte överskrider landets koldioxidbudget. Men i väntan på detta har denna rapport tagit fram en preliminär koldioxidbudget för Järfälla kommun baserat på resonemanget nedan.

FÖRDELNING AV SVERIGES KOLDIOXIDBUDGET MELLAN KOMMUNER

I likhet med fördelningsprinciper på den internationella nivån, måste fördelningsprinciper på det nationella planet identifieras för att Sveriges koldioxidbudget ska kunna delas upp på ett rättvist och effektivt sätt mellan Sveriges kommuner och samhällssektorer.

Det finns en rad olika fördelningsprinciper som kan användas för att allokera det återstående utsläppsutrymmet av en koldioxidbudget mellan exempelvis kommuner, regioner eller sektorer i samhället. De fyra som övervägts i förberedandet av denna rapport bygger på miljöekonomisk och etisk forskning kring fördelning av klimatbördan²⁰, och presenteras mer utförligt i Appendix 4. De fyra principerna för beräkandet av koldioxidbudgetar baseras i korta drag på:

1. Befolkning - den s.k. egalitära principen
2. Tidigare utsläpp avgör framtida utsläpp - den s.k. suveränitetsprincipen eller 'grandfathering'
3. Förmågan att betala för utsläppsminskningar - betalningsförmåga
4. Högre utsläpp ger högre krav på utsläppsminskningar - 'utsläpparen betalar'.

En markant skillnad när det kommer till valet av en fördelningsprincip inom Sverige (i jämförelse med uträkningen av Sveriges koldioxidbudget) är såklart att en kommun till mycket större utsträckning är både ekonomiskt, politiskt och geografiskt bundet och beroende av Sverige samt andra svenska kommuner än vad ett land som Sverige är till OECD. Den ekonomiska strukturen varierar även stort mellan Sveriges kommuner vilket även återspeglas i deras olika territoriella utsläpp. Kommuner med tung industri som Lysekil och Oxelösund har exempelvis utsläpp per capita som är upp till 100 gånger så stora som t.ex. flertalet stockholmskommuner så som Danderyd, Sundbyberg och Solna, och upp till 60 gånger större än Järfälla kommuns.

²⁰ Rose A, Stevens B, Edmonds J, Wise M. (1998). International equity and differentiation in global warming policy. *Environ. Resour. Econ.* 12(1), pp. 25-51

I denna rapport har vi utgått från territoriella utsläpp²¹ när vi beräknat koldioxidbudgetar. På grund av den mycket stora variationen mellan kommuners territoriella utsläpp sammantaget med ett starkt beroende kommuner och regioner emellan (för att tillgodose grundläggande samhällsfunktioner), kan principerna 'utsläpparen betalar' samt den egalitära principen anses olämpliga för att räkna ut kommunala koldioxidbudgetar. Den mest lämpliga och rättvisa principen bedömer vi i detta sammanhang vara suveränitetsprincipen (grandfathering), eventuellt med viss justering för kommuners betalningsförmåga (BRP) och ekonomiska demografi (medelinkomst av befolkning) samt graden som en kommuns verksamhet bidrar till samhällsfunktioner som kommer andra kommuner till nytta.

EN KOLDIOXIDBUDGET FÖR JÄRFÄLLA KOMMUN

Territoriella utsläpp från Sveriges kommuner kan beräknas på två olika sätt:

1. Miljöräkenskaperna från Statiska Centralbyrån (SCB) tar fram regional och lokal statistik som sedan används för rapportering till klimatkonventionen.²² Utsläpp från folkbokförda individer och registrerade verksamheter med huvudkontor i kommunen innefattas i dessa beräkningar av de territoriella utsläppen (oavsett var individerna eller verksamheten släpper ut dem)²³.
2. RUS tillhandahåller en emissionsdatabas²⁴ som bygger på statistik som tas fram för rapporteringen till klimatkonventionen, men som fördelar utsläppen över Sverige med en strikt geografisk metod där endast faktiska utsläpp inom en kommuns gränser tas med i beräkningarna (från både punktkällor samt mer diffusa källor). RUS-statistiken innefattar dock inte utsläpp från internationella transporter (luft- och sjöfart).

När det gäller RUS-statistiken bör därmed de svenska utsläppen från internationella transporter tas bort från det uträknade koldioxidbudgetspannet för Sverige på 614-289 MtCO₂. Utsläppen från internationella transporter var i genomsnitt (2010-2015) 14,88% av Sveriges totala utsläpp. Baserat på detta blir den svenska koldioxidbudgeten i relation RUS-statistiken 85,12% lägre än för SCB-statistiken, dvs. 523 MtCO₂ till 246MtCO₂.²⁵

²¹ För ett land som Sverige, samt för många svenska kommuner, skulle en beräkning av koldioxidbudgetar baserat på konsumtion resultera i mer utmanande krav på årliga utsläppsminskningar än de som resulterar från territoriella koldioxidbudgetar. Statistik på konsumtionsbaserade utsläpp samt andra demografiska indikatorer så som medelinkomst per capita skulle även kunna inkluderas i en mer detaljerad fördelningsprincip av den svenska koldioxidbudgeten.

²² <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/miljorakenskaper/>

²³ Personlig kommunikation med Maria Lidén, ansvarig för miljöräkenskaper på SCB, 2017-05-02

²⁴ <http://extra.lansstyrelsen.se/rus/Sv/statistik-och-data/nationell-emissionsdatabas/Pages/default.aspx>

²⁵ Även med denna justering så skiljer sig den aggregerade summan av totala årliga CO₂ utsläpp från RUS-databasen från motsvarande statistik från SCBs miljöräkenskaper med cirka 4%. Anledningen har inte kunna utredas inom ramen för denna rapport men skillnaden är tillräckligt liten i relation till övriga antaganden för att inte göra en märkbar skillnad.

När fördelningsprincipen av 'Grandfathering' appliceras på statistik gällande Sverige och Järfällas utsläpp (2010-2014), får Järfälla en tilldelning på 0,172% (RUS) och 0,214% (SCB) av respektive svenska koldioxidbudget för energi (från juli 2017 och framåt). Utifrån detta redovisas Järfällas koldioxidbudgetspann i Tabell 2 nedan där de slutgiltiga (röda) kolumnerna presenterar de nödvändiga årliga utsläppsminskningstakterna från juli 2017 och framåt.

TABELL 2: JÄRFÄLLAS KOLDIOXIDBUDGET (ktCO₂) FÖR ENERGI FRÅN OCH MED JULI 2017 FÖR EN "TROLIG" CHANS ATT KLARA 2°C-ÅTAGANDET

Fördelning baserat på källa	Baserat på Svensk max budget	Motsvarande årliga Utsläpps- minskningstakt	Baserat på Sveriges lägre budget	Motsvarande årliga Utsläpps- minskningstakt
SCB ^a (0,214 %)	1314 ktCO ₂	(>8%) ^c	618 ktCO ₂	16%
RUS ^b (0,172 %)	900 ktCO ₂	(7,5%) ^c	423 ktCO ₂	15%

a: uträkningar baseras på ett svenskt koldioxidbudgetspann på 614 till 289 MtCO₂ för energi (från juli 2017)

b: uträkningar baseras på ett svenskt koldioxidbudgetspann på 523 till 246 MtCO₂ för energi (från juli 2017)

c: dessa takter bör höjas till minst 10 % per år med omedelbar verkan, se nedan.

Av samma anledningar som redogjordes för när det gäller Sveriges utsläppsminskningar (i del 2 av denna rapport) bör de lägsta takterna för utsläppsminskningar för Järfälla höjas till minst 10 % per år med omedelbar verkan. Värt att påminna om är att budgetspannet för Sverige som denna analys bygger på förutsätter en toppnotering av utsläpp från icke-OECD regionen redan 2022-2023 vilket som redan nämnts är ett mycket mer ambitiöst mål än som diskuterats i Paris eller därefter.

Järfälla har inte någon särskild omfattande verksamhet som är både utsläppsintensiv och kommer andra regioner till gagn. Järfälla erbjuder dessutom en livskvalitet åt kommunens invånare som delvis upprätthålls av andra kommuners och regioners utsläpp. Därmed bör Järfälla kommuns nödvändiga utsläppsminskningar i alla fall inte justeras nedåt av denna anledning (snarare tvärtom). Om vi ser till Järfällas bruttoregionalprodukt per capita är den 73,5% av bruttonationalprodukten per capita i Sverige, vilket till stor del kan bero på den relativt låga nivån av industrier och produktion i kommunen. Om vi ser till medianinkomsten per invånare i Järfälla var den 8 % högre än den svenska medianinkomsten år 2015.²⁶

Slutsatsen blir att om någon justering av koldioxidbudgeten för Järfälla kommun (och de tillhörande nödvändiga utsläppsminskningarna) skulle genomföras baserat på ekonomiska faktorer, skulle det resultera i än mer utmanande utsläppsminskningar för kommunen.

²⁶ <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/inkomster-och-skatter/>

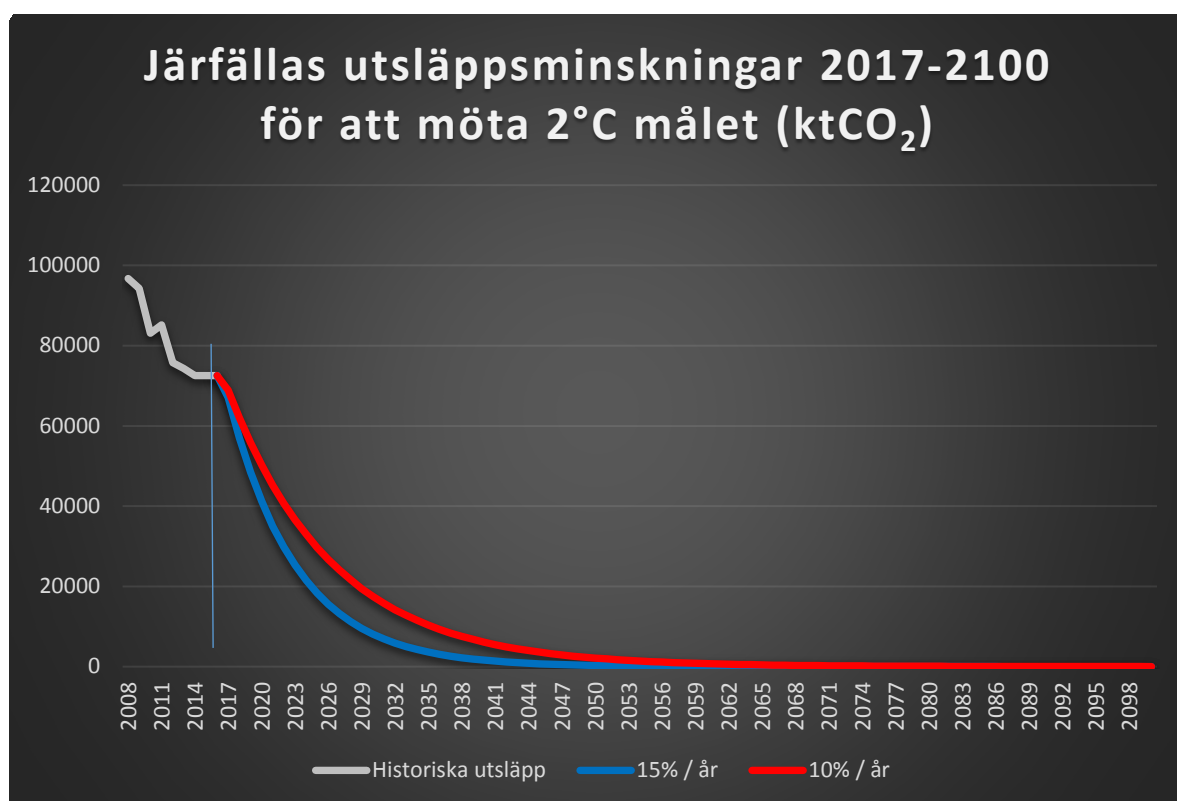
Beräkningen av koldioxidbudgeten och utsläppsminskningarna som återfinns i Tabell 2 ovan ger en indikation och en målsättning för vad Järfälla kommun behöver sikta på: 15 % årliga utsläppsminskningar, med 10 % som ett initialt minimum, med omedelbar verkan, om ett rättvist bidrag ska göras till en "trolig" chans att 2°C åtagandet uppnås.

4. SCENARIER FÖR UTSLÄPPSMINSKNINGAR OCH VÄGAR TILL EN FOSSILFRI FRAMTID I JÄRFÄLLA KOMMUN OCH SVERIGE

Denna del av rapporten presenterar scenarier för de utsläppsminskningar som följer av det beräknade koldioxidbudgetarna för Järfälla kommun. Genom en närmare blick på Järfälla kommun och med hjälp av ett antal illustrativa exempel, föreslås även eventuella åtgärder för att möjliggöra omställningen till en fossilfri framtid i Järfälla kommun, i Sverige och i världen.

JÄRFÄLLAS UTSLÄPPSMINSKNINGAR FÖR ATT MÖTA 2°C ÅTAGANDET

Som framgick av avsnitt 3 ovan så innebär de uträknade koldioxidbudgetspannen (baserade på två olika databaser) nödvändiga territoriella utsläppsminskningar för Järfälla kommun på 10 % -16 % per år. Med utgångspunkt i emissionsdatabasen (RUS) över territoriella CO₂-utsläpp från kommuner presenteras två utsläppsscenarier för Järfälla kommun i Figur 6 baserade på 10 respektive 15 % årliga territoriella utsläppsminskningar.



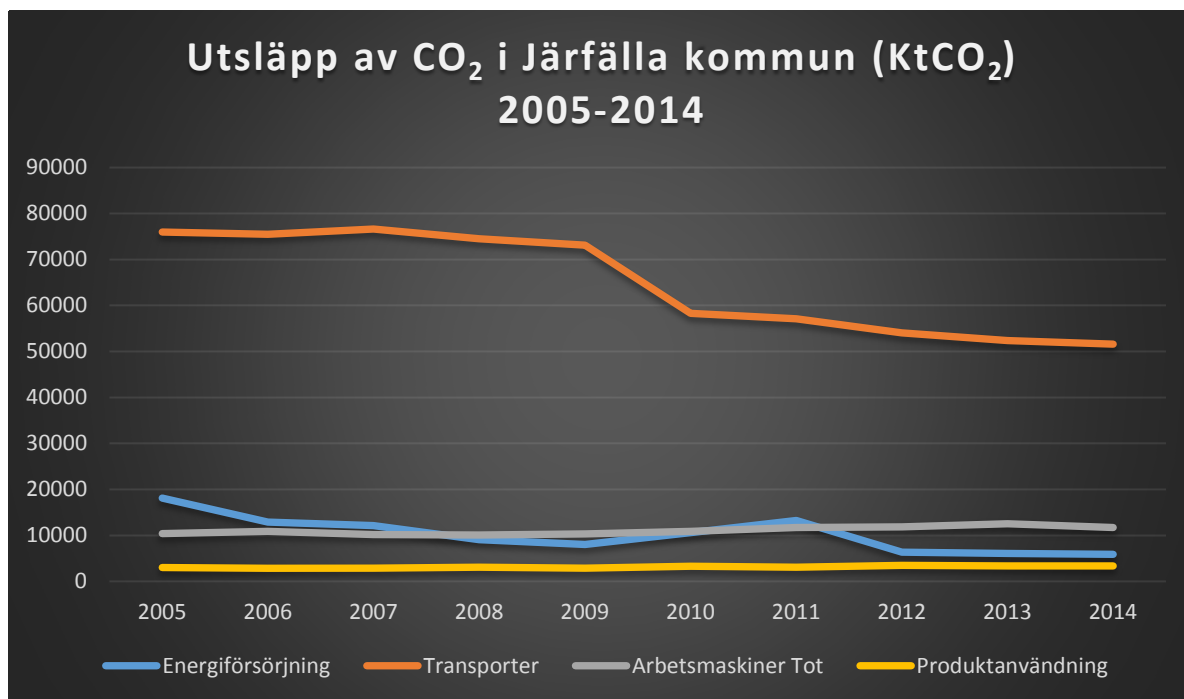
FIGUR 6: TVÅ UTSLÄPPSSCENARIER FÖR JÄRFÄLLA UTIFRÅN ÅRLIGA TERRITORIELLA UTSLÄPPSMINSKNINGAR AV KOLDIOXID PÅ 10 RESPEKTIVE 15 % FRÅN OCH MED JULI 2017. HISTORISKA UTSLÄPP BASERADE PÅ STATISTIK FRÅN EMISSIONSDATABASEN (RUS).

De territoriella utsläppen år 2015 för Järfälla kommun var 72 540 ktCO₂ enligt RUS emissionsdatabas. Med utgångspunkt i Miljöräkenskaperna från SCB var utsläppen 117 000

ktCO₂ under samma år, eller 61 % högre än utsläppen baserade på emissionsdatabasen. Som tidigare nämnts bör Järfälla sikta mot en 15 % utsläppsminskning per år, snarare än den minimala årliga minskningstakten på 10 %. Detta gäller inte minst om den strikt territoriella utsläppstatistiken från emissionsdatabasen används, då denna statistik i mindre grad tar hänsyn till Järfälla totala klimatpåverkan och ansvar i jämförelse med SCBs miljöräkenskaper.

JÄRFÄLLAS UTSLÄPP – EN KORT ANALYS

Som kan ses i Figur 7 kommer en majoritet av Järfällas historiska territoriella utsläpp från transporter. År 2014 stod transporter för 71 % av utsläppen. Av dessa transportutsläpp stod personbilar för 64 % och lastbilar för 28 %. När det gäller energiförsörjningen ser vi att utsläppen har minskat markant under tidsperioden från närmare 20 000 till knappt 6000 KtCO₂. Denna minskning har åstadkommits till största del genom en minskning av utsläpp från energiförsörjning via el- och värmekraftverk, men även utsläpp från panncentraler och egen uppvärmning har procentuellt sätt minskat markant. Av de knappa 6000 årliga KtCO₂ från energiförsörjning som återstod år 2014, kommer en majoritet (62 %) från förbränning från industri för energiändamål. Av de totala utsläppen från Järfälla står energiförsörjningen endast för en liten del (8 % år 2014). Även produktanvändning (främst från smörjmedel) står för en relativt liten del (knappt 5 % år 2014) av de totala utsläppen. Utsläpp från industriprocesser är mycket små och försumbara. Utsläppen från arbetsmaskiner är däremot betydande och har även varit relativt konstanta över tidsperioden 2005-2014. År 2014 var de 16 % av det totala utsläppen och till allra största del bestående av utsläpp från verksamheters arbetsmaskiner. Vilka dessa verksamheter är framgår inte av statistiken, men antagligen kommer de främst från konstruktion och byggen.



FIGUR 7: TERRITORIELLA UTSLÄPP AV KOLDIOXID I JÄRFÄLLA KOMMUN UPPDELAT PÅ OLIKA UTSLÄPPSKÄLLOR. STATISTIK FRÅN EMISSIONSDATABASEN (RUS).

Som tidigare nämnts är Järfälla kommuns territoriella utsläpp (oavsett om vi utgår från RUS eller SCB) låga i jämförelse med andra kommuner eller regioner i Sverige. De särskilda förutsättningar som råder för Järfälla kommun som antagligen till stor del möjliggjort detta är avsaknaden av tunga industrier samt andra betydande punktkällor för utsläpp inom kommunens gränser som bidrar till välfärdsfunktioner i den egna eller andra kommuner. Detta återspeglas även i Figur 8 där transporter (och även delvis byggsektorn) upptar den allra största delen av utsläppen.

ETT RAMVERK FÖR JÄRFÄLLAS ENERGI- OCH KLIMATPLAN

Ett genomgående och konsekvent klimatledarskap för en kommun som Järfälla är att ta ett ansvar som sträcker sig utanför kommungränsen (se Figur 8). Det innefattar åtgärder inom kommunens egen verksamhet, åtgärder inom kommunens gränser, att utmana och utöva påtryckningar för högre ambitioner regionalt och nationellt. För Sverige och dess kommuner innefattar det även att stödja och möjliggöra för länder och kommuner i fattigare länder att tidigarelägga och påskynda sin omställning till en fossilfri framtid, minst i linje med de antaganden som gjorts i denna rapport om icke-OECD länders gemensamma utsläppstopp.

För att möjliggöra dessa mycket ambitiösa omställningar i utvecklingsländer samtidigt som de bygger infrastruktur och välfärdssystem, krävs finansiering och teknologiöverföring i en omfattning som förmodligen motsvarar flera gånger nuvarande bistånd. För att uppnå Parisavtalet krävs att kommuner bidrar med sin beskärda del till detta – dels i form av dess invånares och företags bidrag till skatter på nationell nivå för ny, ökad klimatfinansiering, dels i

form av direkta åtgärder och överföringar från kommuner i Sverige till kommuner i andra länder. Genom att bygga på modellen om "vän-orter" skulle kommuner kunna hitta sätt att samarbeta över nationsgränser i arbetet med den gemensamma klimatutmaningen. Järfälla kommun kan även minska sin egen klimatpåverkan genom att exempelvis ställa högre krav i sina upphandlingar och inköp, särskilt inom de sektorer där utsläppen är fortsatt höga.



FIGUR 8: KLIMATANSVAR OCH KLIMATLEDARSKAP FRÅN JÄRFÄLLA KOMMUN.

En inventering av möjligheter och analys av hur Järfälla kommun kan ta ett ansvar för de olika geografiska områden som redovisas i Figur 8 är utanför ramen för denna rapport, men det rekommenderas att Järfälla undersöker vidare om man vill göra ett rättvist och verkligt bidrag till att hålla temperaturökningen på jorden under 2°C.

Vad gäller uppdelningen mellan utsläpp från kommunens egen verksamhet (*Järfälla kommun* i Figur 8) och de för hela kommunen (*Lokalt (Järfälla)* i Figur 8) har en sådan inte varit möjlig att genomföra med den statistik som funnits tillgänglig. Det avslutande stycket nedan innehåller dock en preliminär redogörelse för hur Järfälla skulle kunna påbörja och driva arbetet mot en fossilfri framtid.

VÄGAR TILL EN FOSSILFRI FRAMTID FÖR JÄRFÄLLA KOMMUN

74 000 personer är idag bosatta i Järfälla. Nattbefolkningen är ca 34 % högre än dagbefolkningen (vilket bör betyda att det till viss del är en pendlingskommun). De senaste åren har sett en markant ökning av antalet bostäder som byggs. Det finns en målsättning hos

kommunen att bygga 1000 nya lägenheter per år med en förväntad befolkning på 100000 år 2030.²⁷

Dessa målsättningar skapar både utmaningar och möjligheter från ett energi- och klimatperspektiv. Resultaten av denna rapport behöver sättas i relation till dessa ambitioner och målsättningar om Järfälla kommun vill göra sitt rättvisa bidrag till en "trolig" chans att 2°C åtagandet uppnås. En uppenbar påverkan som kommunen kan ha är att se till att all nybyggnation är så koldioxidneutral som möjligt samt att utsläppen från transportsektorn (från privat, offentlig och privat verksamhet) snabbt reduceras. Nedan är några preliminära förslag och styrmedel som på kommunal, regional och/eller nationell nivå skulle kunna leverera verkliga och betydande utsläppsminskningar från energisektorn. De är uppdelade under tre rubriker i relation till deras fokus: Efterfrågan på energi, tillgång till förnyelsebar energi, andra policyåtgärder.

Efterfrågan på energi

- Se till att alla nya byggnationer är av passivhus-standard
- Ombyggnation (*retrofitting*) av befintliga byggnader
- Max CO₂-standard på alla nya bilar/lastbilar kombinerat med elektrifiering av fordonsflottan (t.ex. 100g CO₂/km och dra ner med 8 % per år)
- Styrmedel och policyer som driver beteendeförändring hos högenergi-användare. (t.ex. gradvis stigande tariffer, avgifter på frekvent flygande, personliga koldioxidtilldelningar)

I en svensk kontext skulle ovanstående förslag enligt preliminära beräkningar gemensamt kunna minska energibehovet på mellan 40-70% på bara 10-15 år.

Tillgång till förnyelsebar energi

- Ett omfattande elektrifieringsprogram (kraftnät, transport etc.)
- Mer effektiva och bättre likströmslänkar och överföringsförbindelser (främst relevant för den nationella nivån)
- Stöd utbyggnaden av smarta nät, mätare och lokal förnyelsebar energiproduktion
- Hållbar utbyggnad av förnyelsebara energikällor + mycket låg CO₂-energi
- Utveckla lokal biomassa, biogas och P2G för periodvis/grundbelastning

Andra policyåtgärder

- Omedelbar divestering och snabb avveckling av fossilbaserade tillgångar

²⁷ Detta stycke bygger på personlig kommunikation med Megha Huber, Järfälla kommun samt Kommunfakta för 2016 från SCB.

- Investering i koldioxidlagring av utsläpp från cement- och stålproduktion
- Ett moratorium på flygplatsutbyggnad (främst relevant för den nationella nivån och kommuner där flygplatser finns eller är påtänkta)
- En omfattande utbyggnad och investering i kollektivtrafiken, så som moderna och effektiva snabbtåg (inklusive nattåg inom Sverige och till Europa), tunnelbanor, spårväg m.m.
- Möjliggör långsiktiga investeringsmiljöer och investeringscykler (med hjälp av låga räntesatser, klimat- och miljöredovisningar m.m.)

Detta är självklart en mycket preliminär, ofullständig och relativt generell lista på möjliga åtgärder. Vissa av dessa förslag är antagligen möjliga och lämpliga att implementera inom kommunen, medan andra förslag kan behöva koordinering och samarbete på regionnivå samt ledarskap på nationell nivå. Med tanke på Järfälla kommuns territoriella utsläppsprofil är de förslag som fokuserar på transport- och byggsektorn kanske mest relevanta när det gäller utsläpp inom kommunens gränser. Övriga förslag kan ändå ha en betydande och central roll när det gäller utsläpp utanför kommunens gränser och ytterligare åtgärder bör tillkomma för att minska de konsumtionsbaserade utsläppen.

JÄRFÄLLA OCH DEN GLOBALA KLIMATOMSTÄLLNINGEN

Det ska erkännas att den utmaning som presenteras i denna rapport är så pass allomfattande att det är mycket svårt att hitta samtida exempel där denna typ av snabba samhällsomställningar och utsläppsminskningar har genomförts inom en kommun, region eller ett land. Det finns dock gott om historiska exempel där samhällen snabbt ställt om sina system, och de är ofta förknippade med kriser, konflikter, krig eller påföljande återuppbyggnad.

Vi behöver dock påminnas om att alternativet att inte anta denna utmaning är att vi och våra barn får leva med de omvälvande förändringar som eskalerande klimatförändringar kommer att innebära. Om denna omställning ska kunna ske inom Järfälla kommun, i andra svenska kommuner, i Sverige och i andra delar av världen behövs både visioner och ledarskap. Det är glädjande att se att t.ex. Oslo kommun även räknar ut sin koldioxidbudget samt satt en tydlig målsättning om att minska sina utsläpp med 50 % till 2020 och med 95 % till 2030 (i relation till referensåret 1990).²⁸ Även inom näringslivet finns nätverk så som Hagainitiativet där ett antal större företag förbundit sig till utsläppsminskningar som är större och mer drastiska än de som miljömålsberedningen föreslagit.

Ett 40-tal megastäder runt om i världen samarbetar sedan 2005 med att minska sina utsläpp och sin klimatpåverkan inom nätverket C40.²⁹ Uppsala klimatprotokoll är ett exempel på ett

²⁸ <https://www.oslo.kommune.no/politikk-og-administrasjon/politikk/budsjett-regnskap-og-rapportering/byradets-budsjettforslag-2017-og-okonomiplan-2017-2020/?del=2-2>

²⁹ <http://www.c40.org/>

lokalt initiativ som möjliggör och uppmuntrar samarbete mellan offentliga organisationer, företag och föreningar i regionen.³⁰ *Transition Towns* och *The Transition Network*³¹ är ett annat intressant initiativ med rötter i den engelska landsbygden men som nu växt till en slags folkrörelse över hela världen. Sveriges ekokommuner³² och klimatkommunerna³³ är andra intressanta exempel som ev. också skulle kunna spela en betydande roll att katalysera och stödja samarbeten mellan kommuner som vill göra sitt rättvisa bidrag till uppfyllande av Parisavtalet.

Vi hoppas att denna rapport kan bli ett viktigt och användbart underlag för Järfälla kommun att reflektera över och ta ställning till i relation till framtagandet av sin energi- och klimatplan, och genom detta ha en inverkan på kommunens miljöplan och ekonomiska flerårsplan. Vi hoppas även att Järfälla kommun kommer ta ett stort ansvar och visa ledarskap i klimatfrågan framöver och vara med och visa vägen mot en fossilfri och hållbar framtid i Sverige och i världen – vi och framtida generationer kommer att tacka er.

³⁰ <https://www.uppsala.se/klimatprotokollet>

³¹ <https://transitionnetwork.org/>

³² <http://www.sekom.se/>

³³ <http://www.klimatkommunerna.se/>

APPENDIX

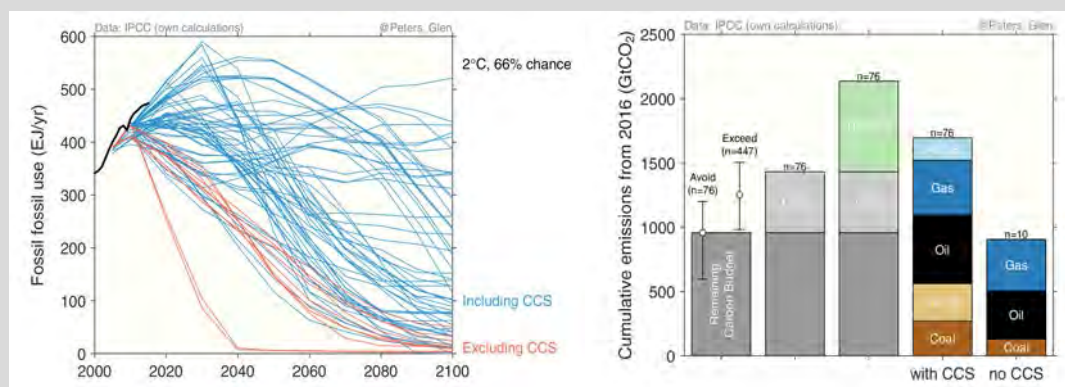
Nedan följer Appendix som refereras till i rapporten, på engelska men kan översätta vid behov.

APPENDIX 1 – NEGATIVA UTSLÄPPSTEKNOLOGIER OCH 2°C

BOX 1: Negative emission technologies & 2°C scenarios

Virtually all of the 2°C scenarios within the IPCC's database include negative emissions technologies removing several hundred billion tonnes of carbon dioxide directly from the atmosphere across, and beyond, the century. However, there is wide recognition that the efficacy and global rollout of such technologies are highly speculative, with a non-trivial risk of failing to deliver at, or even approaching, the scales typically assumed in the models.

Whilst the authors of this report are supportive of funding further research, development and, potentially, deployment of NETs, the assumption that they will significantly extend the carbon budgets is a serious moral hazard¹. Ultimately, if there is genuine action to mitigate emissions in line with a “likely” chance of staying below 2°C, and then NETs do prove to be a viable and scalable option, then, in theory at least, an opportunity arises for holding the temperature rise to 1.5°C. By contrast, if action to mitigate for 2°C is undermined by the prospect of NETs, and such technologies subsequently prove not to be scalable, then we will have bequeathed a 3, 4°C or higher legacy. As is clear from the 2°C scenarios submitted to the IPCC, the inclusion of carbon capture and storage (CCS) and biomass with carbon capture and storage (BECCS) include considerably more fossil fuel combustion than those without them. It is evident, that mitigation advice to government is already being influenced by assumptions about NETs, and indeed the rapid uptake of CCS, neither of which shows any sign of approaching the scales of rollout in the models.



These figures, provided by Glen Peters (Cicero) and based on the IPCC scenarios for a 66-100% chance of staying below 2°C, demonstrate how the inclusion of CCS (and by definition BECCS) result in much more fossil fuel use (i.e. much less actual mitigation).

¹Anderson & Peters (2016), [The trouble with negative emissions](#), Science, Oct 2016.

APPENDIX 2 – UTSLÄPP FRÅN AVSKOGNING OCH CEMENTPRODUKTION

Making allowance for emissions from deforestation and cement manufacture (process-CO₂ only)

Given this analysis relates specifically to the energy sector, it is necessary to remove projected global deforestation and industrial process emissions from the post July 2017 budgets; the latter of which relates primarily to cement production. It could be argued that these should both be considered at a national level, however, given the very clear equity steers within all agreements since the Copenhagen Accord, such emissions are more rightly considered as a global overhead. Wealthy industrial nations already have highly developed and cement-rich infrastructures – from the domestic and commercial built environments, to transport and energy networks, power stations and industrial facilities. Poorer and less-industrialised nations still have to construct their modern societies. Penalising them for their later development is inconsistent with the equity dimension of the various agreements. Similar arguments prevail for deforestation emissions, where most industrial nations have already benefitted from the land released through deforestation. Considering these emissions as a global overhead does not absolve those nations using cement and deforesting from responsibility. It does however reduce the burden and provide an incentive for all nations to encourage a global reduction in deforestation and the development of low-carbon cements (or alternatives).

Based on research recently published in Nature Geoscience,³³ an optimistic interpretation of deforestation and cement process emissions post 2015 are, respectively, in the region of 60GtCO₂ and 150GtCO₂. However, for this analysis, still more optimistic assumptions have been made for both sectors, broadly in accordance with the titanic mitigation efforts required of the energy sector.

In terms of carbon dioxide from deforestation, and following on from the headline assumption #5, no reduction in the global carbon budget is made in this analysis. Given the high correlation between cumulative emissions across the century and temperature rise towards the end of the century, it is assumed here that enormous efforts are put into rapidly eliminating deforestation, with all related emissions more than compensated by a programme of afforestation and progressive changes in land-use. Under such an ambitious framework, the emissions from deforestation will occur earlier than sequestration from afforestation etc., consequently it is important that any planned programme of the latter is notably larger than the emissions of former. This is necessary to help reduce the very real risk that sequestration in the longer-term will not match emissions from deforestation in the nearer term.

For this analysis two new cement scenarios have been developed using the most recent emissions data and with still more optimistic assumptions about the role of cement, and therefore process emissions, between now and the middle of the century. These scenarios are

³³ Anderson, K. 2015, Duality in climate science. Nature Geoscience Oct. 2015 <http://rdcu.be/eoQY>

summarised in Box 2 below and for the purpose of this report, the highly optimistic estimate of process emissions from cement is assumed to be 100 GtCO₂ for the period post July 2017.

Consequently, once allowance has been made for emissions from deforestation and cement, the global carbon budget range for energy-only emissions associated with the temperature commitments of the Paris Agreement reduces to between 490 and 640 GtCO₂ (from July 2017).

BOX 2: Global Cement Scenarios of Process Emissions (C1 & C2)

According to the Global Carbon Project's emission database (private communication with Glen Peters and Robbie Andrews at Cicero) cement process emissions grew at 5.5% per annum between 1950 and 2015. Since 2000, the five-year annual average growth has been over 6% per annum with the latest data for 2015-16 notably lower at just 2.4%.

There are almost no long-term forecasts or explicit scenarios of cement growth and emissions. However, the 2009 IEA Cement Road Map does provide two scenarios for cement growth from 2009 to 2050. That said the growth rates are far lower than those witnessed since 2009 or are evident over any period during the past six decades.

The two scenarios developed here (C1 and C2) both adopt the optimistic carbon intensity assumptions within the IEA report in relation to reducing the CO₂ emitted per tonne of cement produced. The IEA ratio of 60:40 for process relative to energy emissions is also maintained, but with CCS introduced to the industry by 2030 and increasing at different rates in C1 and C2 to complete (or very high) levels of penetration, and with complete or very high levels of capture, later in the century.

There is an evident anomaly between the (calculated) IEA and (published) GCP process emissions estimates for cement. Given this analysis relies on data from GCP (and CDIAC), a relatively small uplift factor is applied to the calculated IEA process emissions to bring the values into line with those from the GCP.

Both scenarios, C1 and C2, adopt growth rates that represent a step change from long-term historical trends, have growth rates that are maintained low through to 2030 after which they gradually decline still further. Of the two scenarios, C1 pushes the technology and growth reductions to levels that may have theoretical merit but are more difficult to justify as viable. In effect C1 risks implying that 'infrastructural development in poorer and industrialising nations is either significantly constrained or unknown alternatives to cement are discovered and penetrate the market from 2030 onwards. C2 is also highly optimistic, but with growth and technology not pushed to the limits assumed in C1. It is the C2 scenario that is adopted as appropriate for this analysis, - demonstrating deep and profound mitigation, but with technologies just held back from their theoretical optimum.

C1: low cement growth: growth a less than half that of historical trends, through to 2030, then reduces to growth of 1% per annum by 2044 and no growth by 2054: CCS starts 2030 penetrating sector in 2030 (with CCS plants at 100% capture rate from the start). Complete penetration by 2055 - after which there are no emissions from cement production. **Total post-July-2017 CO₂ of 69GtCO₂**

C2: medium cement growth (still well below historical and recent rates), sees a gradual rise above from the latest (and anomalous) 2016 growth rate towards 60% of historical trend values - maintained till 2030 after which it fall to just 1% per annum in 2055 and no growth from 2065; CCS starts in 2030, initially with 80% capture rate on the plants with CCS installed. This rate increases at 0.5 % per annum to a maximum of 98% capture by 2066 after which it continues at that rate to 2100. Almost complete CCS penetration (i.e. 98% capture) occurs in 2061. **Total post-July-2017 CO₂ of 100GtCO₂**

APPENDIX 3 – FÖRDELNING AV DEN GLOBALA KOLDIOXIDBUDGETEN TILL INDUSTRIALISERADE LÄNDER

Apportioning the global budget to Industrial nations

This is undoubtedly an area where different interpretations of fairness and equity can give potentially very different results in terms of national carbon budgets. However, the Paris Agreement (and its international forebears) all draw attention to the importance of issues of equity and how poorer and less industrialised nations (hereafter referred to as industrialising nations) will need some significant period of grace in terms of decarbonising their energy systems. Specifically, they acknowledge that the peak in emissions from these poorer nations will be later than that within the wealthier industrial nations (hereafter referred to as industrial nations). Combine this equity criterion with the small and rapidly dwindling global carbon budget for 2°C (i.e. 490 to 640GtCO₂) and the range of potential national budgets is very significantly constrained.

The approach adopted here builds on the pragmatic and open process of apportionment used in a range of analyses and high-level reports since 2011. Put simply, the approach recognises the highly constrained nature of the 2°C carbon budget and then asks, within such a constraint, what is the most ambitious peak date industrialising nations could achieve and what could they subsequently deliver in terms of mitigation rates. This permits a mitigation pathway to be plotted for these nations. It is worth noting here, that the emission profile of China dominates those of the industrialising nations. Furthermore, even at a per-capita level, China is undoubtedly wealthier than many of the so-called ‘developing’ nations. Consequently, an emission profile for industrialising nations will mask the fact that many poorer nations will have a peak in their emissions up to a decade after that of China.

For this report, a series of updated scenarios (see Box 3 below) have been generated, building on earlier research³⁴ and recognising the stipulation of the Paris Agreement that “developing” nations will take longer to make the transition away from fossil fuels than richer more industrialised nations. For the analysis here, less industrialised and less developed nations are captured within the non-OECD classification; in relation to emissions, this is sufficiently close to both non-Annex 1 and non-Annex B groupings to make no discernable difference.

The non-OECD scenarios developed for this report assume highly ambitious rates of mitigation beyond any thus far considered in other similar analysis. Nevertheless, the cumulative emissions for even these early and deep mitigation scenarios have fundamental implications for both the Paris temperature commitments and the 2°C mitigation challenge of the OECD.

³⁴T.ex. Anderson, K., and Bows., A., 2011, Beyond dangerous climate change: emission pathways for a new world, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 20-44, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1934/20>

The post July 2017 cumulative emissions for the non-OECD region range from:

S1: 2020 peak emission year; 10%p.a. mitigation by 2042; 95% CO₂ cut by 2060 = **502GtCO₂**

S6: 2025 peak emission year; 10%p.a. mitigation by 2047; 95% CO₂ cut by 2065 = **620GtCO₂**

What is immediately evident, is that even a highly ambitious mitigation programme by the non-OECD region would have cumulative emissions in excess of the fossil-fuel carbon budget for an “unlikely” chance of staying below 1.5°C (i.e. 490GtCO₂). Consequently, from a carbon budget and mitigation perspective, 1.5°C is no-longer a viable temperature commitment.

Moreover, a mitigation agenda across the industrialising nations at a level of ambition far beyond anything discussed in Paris would also exceed the global (energy-only) carbon budget for a “very likely” chance of 2°C. That is to say, a strict reading of the political framing of the Paris ambition in terms of “well below 2°C” is also now not a viable goal. For the more conservative reading of Paris underpinning this report, the carbon budget accompanying a “likely” chance of 2°C remains viable - just. However, the enormous scale of ambition embedded in the non-OECD scenarios still delivers emissions that consume between 78% and 97% of the remaining fossil fuel global carbon budget.

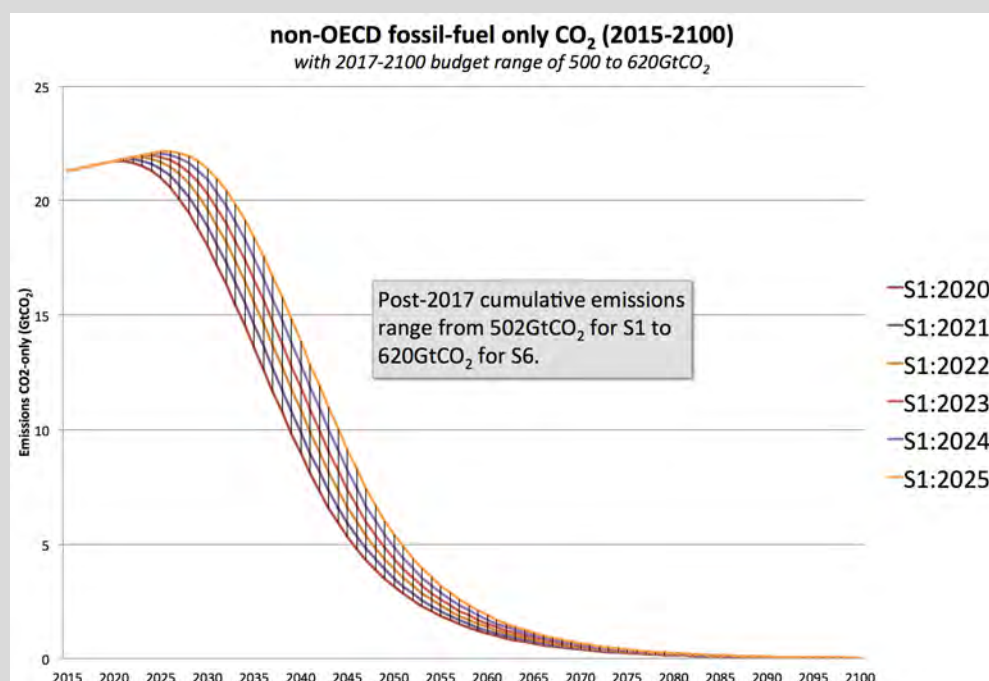
BOX 3: non-OECD emission scenarios

The six non-OECD scenarios (S1 to S6) generated for this report are all for fossil fuels only, are highly ambitious and beyond anything thus far countenanced in international negotiations or in existing scenario sets. Process and deforestation (LULUCF) CO₂ have been subtracted from the GCP database using estimates provided through private communication with the GCP team who compile the data.

The scenarios include emissions data of the respective bunker fuel emissions from international aviation and shipping. These values are based on the difference between GCP *global* emissions and the sum of OECD and non-OECD emissions (a difference of approximately 4%). According to private communication with the GCP team this difference accounts for emissions from bunker fuels. For the analysis here, bunker fuel emissions are split between non-OECD and OECD on the basis of the regions' relative proportion of global emissions (excluding bunkers). Following this approach (i.e. excluding CO₂ from industrial processes & LULUCF, but including bunkers), the non-OECD and OECD emissions in 2015 were, respectively, 21.3GtCO₂ and 13.0GtCO₂.

Beginning from the 2015 emissions level, all scenarios initially grow at the same non-OECD rate as occurred in the years for which the latest data is available, i.e. 2014–15, where growth was 0.4%. This rate is far lower than historical rates for the region, but is considered appropriate here as this analysis is premised on immediate and unprecedented global effort to mitigate emissions inline with the Paris temperature commitments and the associated IPCC's AR5 carbon budgets. [*The authors acknowledge that action at this scale is highly unlikely in the near-term and that, as yet, there is no suggestion that such mitigation will be forthcoming in the medium-term*].

The year where emissions peak (the 'peak year') varies across the six scenarios, from 2020 for S1 through to 2025 for S6. Once at peak emissions, all scenarios roll over to begin mitigation at 0.1% in the first post-peak year rising to a 1% reduction four years later before increasing at 0.5% each year to a maximum of 10% p.a.; this occurs 22 years after the peak year. Mitigation efforts thereafter deliver 10% reductions in absolute emissions each year for the remainder of the century. All the scenarios deliver an absolute reduction in emissions of approximately 95% (C.f. 2015) by 2060 to 2065 respectively. The total post-July-2017 cumulative emissions for the scenarios range from a low of 502GtCO₂ for a non-OECD peak in 2020, through to 620GtCO₂ for a peak in 2025.



APPENDIX 4 – FÖRDELNINGSPRINCIPER FÖR KOLDIOXIDBUDGETAR

The aim of this appendix is to rationalize and formulate how different considerations of equity can be articulated when apportioning a carbon budget between nations or between different municipalities or sectors within a nation. As such, it details different ways to calculate Sweden's fair share of the OECD-carbon budget and how it also could be subsequently broken down to the municipal level. While there are a wide range of possible equity principles to apportion carbon budgets, Rose et al.(1998)³⁵ outline four that have been considered for the purpose of this report: Egalitarian, Sovereignty, Polluter-pays and Ability-to-pay.

With an *Egalitarian approach*, the remaining carbon budget is divided on a per-capita basis between inhabitants. The mitigation burden is consistent with the assumption that all individuals have an equal right to pollute or to be safe from pollution. The parameter used here is the ratio between the population of a subregion³⁶ in relation to the larger region. Conversely, an apportionment based on a *principle of Sovereignty*, holds that, within a region, all subregions (or sectors) have an equal right to pollute or to be safe from pollution and that such apportionment should then consider current CO₂ emissions as a right per-se. The parameter used for such calculation would then focus on subregional/sectoral CO₂ emissions in relation to the total emissions of the larger region. Thirdly, the tenets of a *Polluter Pays* principle seek to divide and share the responsibility of mitigation based on the principle of guilt. Here, the burden to mitigate is proportional to emissions, using the inverse of per capita emissions as allocation parameter. Finally, dividing the remaining carbon budget based on a subregion's/sectors *Ability to Pay* seeks to base the burden for mitigation on the capacity to pay for the transition to an infrastructure and development path consistent, in this case, with the 2-degree target enshrined in the Paris Agreement. The parameter used here relates to the capacity of a subregion for consumption and is proportional to the gross income of the subregion. The four equity principles outlined above with their particular allocation parameters are summarized in the table below:

³⁵ Rose A, Stevens B, Edmonds J, Wise M. (1998). International equity and differentiation in global warming policy. *Environ. Resour. Econ.* 12(1), pp. 25-51

³⁶ The term *subregion* as used here refers to e.g. Sweden as a subregion of the OECD, or Järfälla kommun as a subregion of Sweden.

Equity Principle	Equity Criteria	Associated Parameters used in calculations	Notes for Sweden and Järfälla
<i>Egalitarian principle of per-capita allocation based on population.</i>	<i>Burden of mitigation efforts are assumed to be equally shared among individuals</i>	<i>Population in a particular year</i>	<p><i>Sweden comprises 0,767% of the global population.</i></p> <p><i>Järfälla comprises 0.755% of the Swedish population.</i></p>
<i>Sovereignty principle of 'grandfathering'</i>	<i>Based on subregional CO₂ emissions and compared to total emissions</i>	<i>Subregional average CO₂ emissions compared to the total average emissions in a given time period</i>	<p><i>Between 2010 and 2015 Sweden on average emitted 0,361% of the total OECD emissions.</i></p> <p><i>Between 2010 and 2014, Järfälla kommun on average emitted 0.172% (based on RUS) or 0,214% (based on SCB) of Total</i></p>
<i>Ability-to-pay principle</i>	<i>Relates to the capacity of the subregion for consumption and is proportional to Gross Regional Product.</i>	<i>Inverse of Gross Regional/Domestic Product</i>	<i>In relation to other municipalities, Järfälla's Gross Regional Product represents 0.526% of GDP of Sweden. Between 2012 and 2014, Järfälla had a GRP per capita equivalent to 73.5% of Sweden's GDP per capita.</i>
<i>Polluter pay principle</i>	<i>The economic burden is proportional to per capita carbon emissions</i>	<i>The inverse of per-capita annual CO₂ emissions</i>	<i>Per-capita CO₂ emissions, for Järfälla kommun represent 26% of the national average (between 2008 and 2014).</i>

Table: Equity principles, their details and associated parameters used for the allocation of shares of a carbon budget.

Forskning som ligger till grund för denna rapport har beställts av
Järfälla Kommun och samordnas av: