

UNDERLAGSRAPPORT

# Klimat och energi

Framtagen i samband med regeringsuppdraget angående nya stambanor för  
hög hastighetståg 2020/2021



**Trafikverket**

Postadress: Röda vägen, 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Klimat och energi

Författare: Johanna Caspersson, WSP

Dokumentdatum: 2021-02-28

Ärendenummer: TRV 2020/85985

Version: 1.0

Kontaktperson: Martin Darelid

1	Inledning .....	5
1.1.	Syfte och bakgrund .....	5
1.2.	Tidigare utredningar och sammantagen klimatpåverkan av höghastighetståg .....	5
2	Förutsättningar.....	6
2.1.	Klimatmål och utveckling av transportsektorn.....	6
2.2.	Klimatkalkyl.....	6
2.3.	Trafikprognoser .....	6
2.4.	Sammantagen beskrivning.....	7
3	Osäkerheter .....	7
3.1.	Klimatkalkyl.....	8
3.2.	Transportprognoser .....	8
3.3.	Sammantagen beskrivning.....	9
4	Växthusgasutsläpp för infrastrukturen .....	10
4.1.	Metod.....	10
4.2.	Resultat från klimatkalkylen .....	10
4.3.	Krav på reduktion .....	14
5	Växthusgasutsläpp för trafikförändring .....	18
5.1.	Metod.....	18
5.2.	Resultat från Sampers/Samkalk.....	18
6	Sammantagen beskrivning av växthusgasutsläpp .....	20
6.1.	Metod för sammantagen beskrivning.....	20
6.2.	Resultat .....	20
7	Energianvändning för infrastrukturen.....	23
7.1.	Metod.....	23
7.2.	Resultat från klimatkalkylen .....	23

8	Energianvändning för trafikförändring.....	25
8.1.	Metod.....	25
8.2.	Resultat .....	26
9	Sammantagen beskrivning av energianvändning	
	28	
9.1.	Metod.....	28
9.2.	Resultat .....	29
10	Känslighetsanalys – Större överflyttning från	
	flyg	33
10.1.	Beräkningsmetod känslighetsanalys.....	34
10.2.	Resultat känslighetsanalys växthusgasutsläpp .....	35
10.3.	Resultat känslighetsanalys energianvändning.....	37
11	Sammanfattning och slutsatser .....	41

# 1 Inledning

## 1.1. Syfte och bakgrund

Regeringen gav 25 juni 2020 Trafikverket i uppdrag att redovisa uppdaterade och kompletterande uppgifter angående nya stambanor för höghastighetståg för sträckorna Stockholm–Göteborg och Stockholm–Malmö inom en total investeringsram på 205 miljarder kronor, i 2017 års prisnivå.

Uppdraget är ett utredningsuppdrag som omfattar en genomlysning av nuvarande systemutformning samt analys av andra relevanta systemutformningsalternativ som bedöms ha potential att möta uppdragets ramar och utgångspunkter. Uppdraget omfattar kostnadsbedömningar, samlade effektbedömningar och beskrivningar av andra bedömda effekter och konsekvenser av de studerade alternativen.

Denna PM syftar till att beskriva de effekter för klimat och energi som nya stambanor förväntas ge upphov till. Effekterna beskrivs i form av beräkning av växthusgasutsläpp och energianvändning från byggande, drift och underhåll, reinvestering samt trafikförändring.

Klimatpåverkan beräknas baserat på resultat om utsläpp under byggtid från Trafikverkets Klimatkalkylverktyg och överflyttningseffekter från genomförda trafikanalyser i Trafikverkets basprognos i Sampers/Samkalk samt Samgods. Resultat beräknas för den nuvarande systemutformningen, inom huvuduppdraget benämnt som Jämförelsealternativet (JA), och tre alternativa utformningsalternativ vilka benämns som RU1-4. RU4 presenteras i denna rapport som ett huvudalternativ då en egen klimatkalkyl tagits fram för systemutformningen men levereras i samlad effektbedömning (SEB) som en känslighetsanalys till RU2. Utöver huvudanalyserna presenteras en känslighetsanalys för ett alternativt scenario med större överflyttning från flyg för samtliga alternativ.

## 1.2. Tidigare utredningar och sammantagen klimatpåverkan av höghastighetståg

Det har tidigare gjorts studier<sup>1</sup> som beskriver den sammantagna klimatpåverkan för höghastighetståg. Metodiken för att beskriva klimatpåverkan i denna rapport grundar sig i dessa tidigare studiers metodik. Dock finns det stora skillnader mellan denna studie och tidigare studier som har gjorts och resultaten är därför ej jämförbara med varandra. Den största skillnaden beror på att gällande klimatmål återspeglas mer tydligt i denna analys. En viktig del i detta är att målen om klimatneutralitet år 2045 för inrikes transporter ingår som en förutsättning i nu gällande basprognos. Detta innebär att all vägtrafik antas vara fossilfri år 2045. Vidare har även flyg en begränsad klimatpåverkan i de samhällsekonomiska beräkningarna i gällande basprognos då hänsyn enbart tas till växthusgasutsläpp kopplade till flygets höghöjdseffekt och ej till förbränning av flygbränsle (som ingår i EU:s handel av utsläppsrätter). Slutligen antas reduktion av klimatpåverkan från infrastrukturen till följd av Trafikverkets klimatkrav ingå i denna studie, vilket det inte har gjort i tidigare huvudanalyser av klimatpåverkan från höghastighetståg.

Även om vägtrafiken antas vara fossilfri år 2045 är det allmänt känt att det sker en viss klimatpåverkan vid råvaruutvinning, tillverkning och distribution av drivmedel och fordon.

---

<sup>1</sup> Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg, Sträckorna Järna-Göteborg och Jönköping-Lund. Trafikverket 2017

Ur ett livscykelperspektiv är det alltså viktigt att begränsa mängden biltrafik och antalet fordon i syfte att nå de globala klimatmålen.

## 2 Förutsättningar

### 2.1. Klimatmål och utveckling av transportsektorn

Det klimatpolitiska ramverket anger att utsläppen av växthusgaser från inrikes transporter, utom inrikes flyg som omfattas av EU ETS (Emissions Trading System), ska minska med minst 70 procent senast år 2030 jämfört med 2010 och senast år 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. Det sistnämnda omfattar hela samhället och för transportsektorn inkluderar det även utsläpp från infrastruktur, fordonstillverkning och drivmedelsproduktion som sker inom landet. Nyligen har Regeringen föreslagit en lagrådsremiss med en skärpt reduktionsplikt för flygfotogen för att minska flygets klimatpåverkan. Utsläppen ska minska succesivt från 0,8 % 2021 till 27 % 2030.

I beräkningarna av nya stambanors sammantagna växthusgasutsläpp och energianvändning förutsätts klimatmålen för transportsystemet uppnås enligt Trafikverkets gällande basprognos. För byggandet av infrastrukturen antas reduktionen av klimatpåverkan till följd av klimatkraven ske enligt uppsatta delmål vilket beskrivs ytterligare i avsnitt 4. I Trafikverkets basprognos finns klimatmålen för inrikes transporter med som beslutad politik och är därmed en förutsättning i beräkningarna. Detta realiserar främst genom en hög andel elektrifiering och användning av biobränsle i fordonsflottan samt även viss dämpning av trafikarbetet.

### 2.2. Klimatkalkyl

En uppdaterad klimatkalkyl för det så kallade Jämförelsealternativet (JA) samt klimatkalkyler för nya utformningsalternativ (RU) har tagits fram inom ramen regeringsuppdraget. Klimatkalkylen för Jämförelsealternativet har uppdaterats med nytt mängdunderlag samt en nyare version av klimatkalkylverktyget jämfört med tidigare. Klimatkalkylen för Jämförelsealternativet bygger på ett mer detaljerat mängdunderlag än underlaget som legat till grund för klimatkalkylerna för de övriga utformningsalternativen. Osäkerheterna i klimatkalkylens resultat är således något större för RU jämfört med JA. Osäkerheter beskrivs ytterligare i avsnitt 3.1.

Samtliga klimatkalkyler har tagits fram med Trafikverkets klimatkalkylverktyg version 7.0. Klimatkalkylerna för RU har i så stor utsträckning som möjligt gjorts med likvärdiga antaganden om mängder och indata som klimatkalkylen för JA. Antaganden, avgränsningar och resultat beskrivs i bilagan *Antaganden och resultat Klimatkalkyler för nya stambanor*.

För inmatning av mängder i klimatkalkylverktyget har ingång C använts. Projektets byggtid för JA anges vara 25 år och för samtliga RU 20 år.

### 2.3. Trafikprognoser

Inom det övergripande regeringsuppdraget har trafikprognoser för RU1-4 genomförts medan prognosresultaten för JA togs fram inom uppdraget Övergripande Systemstudie 3.0 under hösten 2019 och våren 2020. Körningarna för RU är genomförda i den nya basprognosen som fastställdes i april 2020 medan analyserna av JA är genomförda i dåvarande gällande basprognos som fastställdes våren 2018.

Trafikprognoserna som utgör underlag för beräkning av överflyttningseffekter har genomförts i Trafikverkets prognosverktyg för persontrafiken Sampers/Samkalk samt Samgods för godstransporter. Åtgärden, i detta fall nya stambanor, införs i modellen och ställs i den samhällsekonomiska kalkylen mot ett så kallat "Nollalternativ" utan nya stambanor. Skillnaden mellan dessa två scenarion är således enbart infrastruktur och förändringar i trafikupplägg till följd av nya stambanor. Så väl Nollalternativet som utredningsalternativen baseras på Trafikverkets gällande basprognos där bland annat trafikering för kollektivtrafik samt beslutade åtgärder och styrmedel finns med för prognosåret 2040. Då delar av stambanan redan är beslutade och därmed också inkluderade i basprognosen har dessa istället fått plockas bort från basprognosen. Eftersom trafikprognoserna för Jämförelsealternativet och RU har gjorts i olika basprognoser skiljer sig infrastruktur och trafikering i Nollalternativen något.

De olika versionerna av basprognosen gör att förändringen i växthusgasutsläpp och energianvändning till följd av överflyttningseffekter inte helt är jämförbara mellan JA och RU. I den nya basprognosen som använts för analyser av RU1-4 är det totala resandet mindre, men andelen bilresenärer högre än i den tidigare basprognosen som användes för JA. Överflyttningseffekterna är dock större, vilket till viss del bedöms kompensera för förändringen mot den tidigare basprognosen. De samhällsekonomiska och externa effekterna är dock beräknade med samma metod (samma version av Samkalk) för samtliga alternativ. En uppdatering har alltså gjorts av JA där emissionerna är beräknade med samma emissionsfaktorer som i RU-alternativen.

## 2.4. Sammantagen beskrivning

För att bedöma den faktiska miljöpåverkan från en specifik åtgärd kan en livscykelanalys (LCA) användas. Det är en metod för som används för att beskriva en helhetsbild av ett objekts totala miljöpåverkan. Detta innefattar vanligtvis råvaruutvinning, tillverkningsprocesser, avfallshantering och varutransporter för de olika komponenter som ingår i åtgärden. För större åtgärder blir dessa typer av beräkningar snabbt mycket omfattande och grundar sig på många antaganden om tillverkningsprocesser, energiåtgång, teknikutveckling etc. Beräkningssambanden i den samhällsekonomiska kalkylen som beskriver effekterna från ändrad trafikering och överflyttning mellan olika trafikslag tar inte hänsyn till ett LCA-perspektiv. Däremot används LCA-perspektiv i beräkningsmodellen Klimatkalkyl. Systemavgränsningarna för denna studie går i linje med de metoder som används i den samhällsekonomiska kalkylen och klimatkalkylen.

## 3 Osäkerheter

Osäkerheter i resultaten vid beräkning av växthusgasutsläpp och energi för nya stambanor är ett faktum. Dels befinner sig utredningen i ett väldigt tidigt skede vilket medför osäkerheter i mängdunderlag och dels finns begränsningar i de verktyg som använts som kan påverka resultaten. Även antaganden och förenklingar i beräkningsmetoder genererar stora osäkerheter i resultaten. Resultatet i föreliggande PM ska således ses som en indikation på storleksordning av nya stambanors påverkan på klimat och energi. I avsnitten nedan beskrivs en del av de osäkerheter som finns kopplade till verktyg, antaganden och indata i beräkningarna.

### 3.1. Klimatkalkyl

Resursschabloner i Klimatkalkyl har tagits fram för att möjliggöra bedömningar i de fall det saknas kännedom om faktiska mängder och uppskattningarna bygger på tidigare genomförda projekt. Stora variationer mellan projekt kan förekomma beroende på förutsättningar i omgivningarna. Dessutom är det sannolikt att klimatkalkylerna kommer att justeras då det fortfarande är tidigt skede, ju närmare byggstart desto mer detaljerad information finns att tillgå om olika byggdelar.

De effektsamband som används i modellverktyget kan ha stor betydelse för resultatet, främst emissionsfaktorerna för betong, stål och diesel. För stål finns osäkerheter som beror på variationer gällande andelen återvunnet stål, hur representativa olika stål är för anläggningsbranschen, och hur väl tillgängliga data överensstämmer med metodval enligt europeisk standard. Osäkerheterna kan slå i båda riktningarna, det vill säga både leda till över- och underskattningar. I tidiga skeden saknas full kännedom om hur projektet kommer att byggas och klimatkalkylen bygger på grovt uppskattade värden. Dessutom finns osäkerheter förknippade med hur underlag har tolkats och förts in. På grund av projektets tidiga skede är underlaget förknippat med stora osäkerheter. Trafikverket bedömer att osäkerhet i indata för enskilda projekt är den största osäkerheten och den största felkällan vid användning av Klimatkalkyl.

En stor osäkerhet kopplat till klimatkalkylernas resultat är hur de klimatkrav som Trafikverket ställer påverkar de faktiska utsläppen. Klimatkraven innebär att Trafikverket ställer krav på leverantörer i investerings- och underhållsprojekt att minska infrastrukturens klimatpåverkan. Kraven gäller klimatpåverkan vid byggnation, de material som används och framtida underhåll. Detta innebär i praktiken att leverantörerna är tvungna att vidta åtgärder för att reducera utsläppen under byggtid jämfört med de klimatkalkyler som tagits fram. Hur entreprenaderna för byggande av stambanor handlas upp, när i tid olika delar handlas upp och hur väl klimatkraven uppfylls kommer alltså ha stor inverkan på de faktiska utsläppen. Den mest ambitiösa nivån på klimatkrav är för projekt som planeras sluta 2045 eller senare då infrastrukturen ska vara klimatneutral. Detta innebär att de delar av utbyggnad som handlas upp för att färdigställas efter 2045 ska vara klimatneutrala. I dagsläget finns det inga metoder för att få helt klimatneutralitet och det bedöms vara svårt att helt eliminera klimatpåverkan från exempelvis avverkning av skog.

### 3.2. Transportprognoser

Vid beräkning av växthusgasutsläpp och energianvändning med Sampers/Samkalk och Samgods finns osäkerheter kopplade dels till de antaganden som görs kring förutsättningar och indata samt dels med själva modellverktyget. De generella osäkerheterna som berör indata kan ha stor betydelse för resultaten och omfattar antaganden om framtida markanvändning, fordonspark, emissionsfaktorer, vilka styrmedel och investeringar i transportinfrastruktur som finns för prognosåret, körkostnader etc. I huvudkalkylen utgår alla dessa antaganden ifrån Trafikverkets gällande basprognos där klimatmålen för de inrikes transportererna förväntas nås. Detta innebär att alla inrikes transporter kommer att vara fossilfria år 2045. I basprognosen realiseras detta främst med en omställning av fordonsflottan till elbilar och biodrivmedel samt även viss dämpning av trafikarbetet. Flygtrafiken har en begränsad klimatpåverkan i gällande basprognos då hänsyn enbart tas till växthusgasutsläpp kopplade till flygets höghöjds effekt och ej till förbränning av flygbränsle. I figurerna för sammantagen klimatpåverkan i denna rapport redovisas så väl effekter för växthusgasutsläpp kopplade till flygets höghöjds effekt som flygets direkta utsläpp. Resultat från lastbilstrafiken har hämtats från Samgods där det skett en omfattande



elektrifiering av vägtransporter med lastbil i gällande basprognos för att nå de satta klimatmålen.

Vilka drivmedel som används och hur fordonsparken ser ut har stor effekt på beräkningarna för klimat och energi. En högre andel elektrifiering av transporter skulle bidra till lägre energianvändning i transportsektorn. Om vi inte skulle nå målen och fortsatt ha kvar en betydande del fossila drivmedel skulle det bidra till så väl högre klimatpåverkan som energianvändning från transportsektorn. Biodrivmedel, elbilar och lastbilar som går på elväg anses vara fossilfria i beräkningarna. Dock finns det ett visst utsläpp från dessa drivmedel ur ett livscykelperspektiv: till exempel från råvaruutvinning, produktion och distribution. Dessutom bidrar tillverkning av fordonen i sig till klimatpåverkan.

De beslutade klimatmålen är en stor osäkerhet i beräkningsantagandena. Dels har det faktum om målen kommer att nås eller ej en stor betydelse för de faktiska utsläppen. Om vi inte når hela vägen fram till klimatmålet 2045 kan det ge relativt stora effekter på den faktiska klimatpåverkan och energianvändningen från transportsektorn. Dels så vet vi idag mycket lite om hur vägen fram till att nå målen kommer att se ut. Vilka styrmedel som införs, teknikutveckling, demografi och attityder gentemot resande har stor betydelse för det framtida resandet.

För de privata resorna kan åtgärder som bidrar till förbättrad tillgänglighet även bidra till inducerat resande – alltså att nya eller längre resor uppstår till följd av de tillgänglighetsförbättringar som åtgärden leder till. Dessa förändringar finns med i modellen. Dock tar prognosverktyget inte hänsyn till att denna tillgänglighetsförbättring även kan leda till förändrad markanvändning.

Slutligen finns det relativt stora osäkerheter kopplade till beräkningarna av nya stambanornas effekter på flygresandet. I rapporten *Effekt av Höghastighetståg på flyget – ett kunskapsunderlag*<sup>2</sup> beskrivs överflyttning av resenärer från flyg till tåg. Där konstaterades att överflyttningen mellan tåg och flyg i Sampers har ifrågasatts (men aldrig påvisats vara fel) vilket gör att en sidokalkyl kan vara motiverad. Internationella erfarenheter har visat att det kan finnas fog för att anta en högre marknadsandel för tåg relativt med flyg än vad Sampers prognosticerar. Huruvida dessa internationella erfarenheter är applicerbara på svenska förhållanden och nya stambanor är i dagsläget svårt att säga. En känslighetsanalys med större överflyttning har därför tagits fram och återfinns i avsnitt 10. Flygets klimatpåverkan är osäker i sig. I Samkalk är höghöjdsfaktorn för flygresor satt till 1,4. För inrikes flyg är det möjligt att utsläppsmängderna till följd av höghöjdsfaktorn överskattas något då kortare inrikes flygningar inte kommer upp till, eller tillbringar en liten andel av flygtiden på tillräckligt hög höjd. Då utsläpp direkt kopplade till flyget omfattas av EU:s handelssystem med utsläppsrätter ingår dessa ej i de samhällsekonomiska beräkningarna enligt gällande rekommendationer i ASEK 7. I denna rapport redovisas dock dessa direkta utsläpp i figurer för sammantagen klimatpåverkan som ett komplement till utsläppen från flygets höghöjds effekt.

### 3.3. Sammantagen beskrivning

Förutom de osäkerheter kopplade till klimatkalkyl och transportprognoser som beskrivs ovan så finns det vissa osäkerheter i beskrivningen av den sammantagna klimatpåverkan av växthusgaser. Dessa är främst kopplade till att det är olika systemgränser och detaljeringsnivå i antaganden för beräkning av växthusgasutsläpp från infrastrukturen och från trafiken. Som redan nämnts utgår Klimatkalkylverktyget från ett livscykelperspektiv

---

<sup>2</sup> WSP 2016-09-21

medan utsläppen från trafiken enbart speglar utsläppen från drivmedel – och för flyg med höghöjdseffekt.

## 4 Växthusgasutsläpp för infrastrukturen

### 4.1. Metod

För att beräkna växthusgasutsläpp från byggande av infrastrukturen används Trafikverkets verktyg Klimatkalkyl, som är en modell för att beräkna växthusgasutsläpp samt primär energianvändning som transportinfrastrukturen ger upphov till ur ett livscykelerspektiv. Modellen är baserad på metodik för livscykelanalys (LCA) (ISO 14040, 2006) och använder emissionsfaktorer tillsammans med resursschabloner och projektspecifika indata för att beräkna energianvändning och emissioner av koldioxidekvivalenter från ett objekt eller en åtgärd. Emissionsfaktorerna som används i Klimatkalkyl är beslutade av Trafikverket som effektsamband. Modellen beräknar energianvändning och emissioner som orsakas av användningen av resurser, såväl vid byggande och underhåll som vid materialframställning. Detta innebär att utvinning, transport och förädling av råvaror, byggandet av anläggningen samt det framtida underhållet är medräknat i resultaten. Även utsläpp till följd av avskogning ingår. Data för materialen, teknik och processer är representativt för år 2015. Utöver de utsläpp av växthusgaser från anläggningen och energianvändning som uppstår under byggnationen sker det även ett visst utsläpp av växthusgaser från drift och underhåll av anläggningen.

Klimatkalkyler för jämförelsealternativet (JA) och för de alternativa systemutformningarna (RU1-RU4) har tagits fram i version 7.0. För inmatning av mängder i klimatkalkylverktöget har ingång C använts. Projektets byggtid för JA anges vara 25 år och för samtliga RU 20 år.

Klimatkalkylerna som tagits fram för de alternativa systemutformningarna (RU1-4) följer i så stor utsträckning som möjligt samma metod och antaganden som den klimatkalkyl som tagits fram för jämförelsealternativet (JA). Metod och antaganden beskrivs i bilagan *Antaganden och resultat Klimatkalkyler för nya stambanor*.

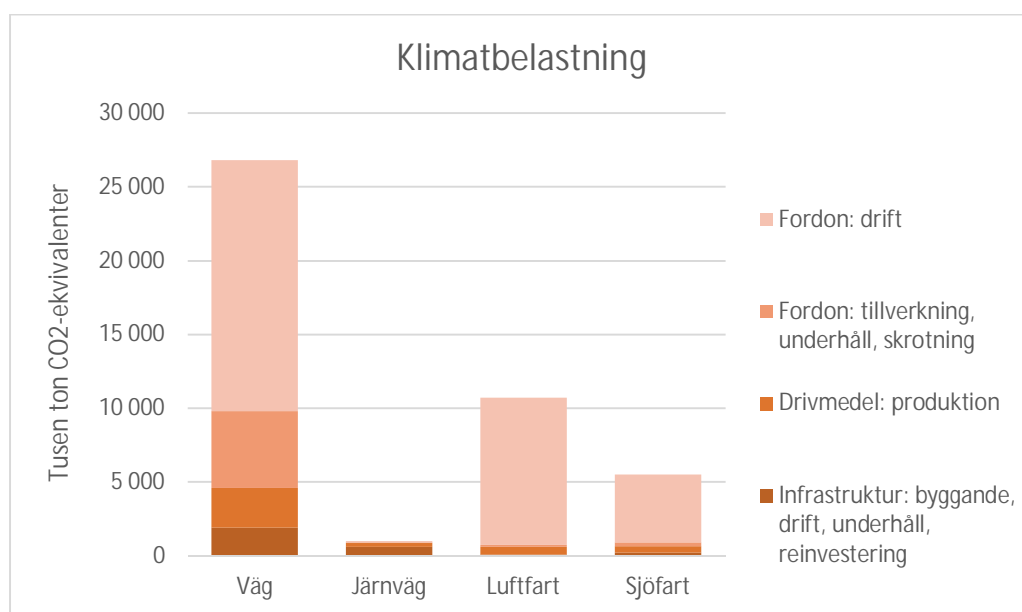
### 4.2. Resultat från klimatkalkylen

Klimatkalkylerna ger resultat i form av klimatbelastning och energianvändning från all resursanvändning kopplad till byggandet av projektet. Klimatbelastning beskrivs i ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter och energianvändningen i GJ. Klimatbelastning och energianvändning beräknas även för reinvestering, drift och underhåll av infrastrukturen och sammantaget ger resultatet infrastrukturens klimatpåverkan ur ett livscykelerspektiv. Tabell 1 sammanställer beräknade utsläpp under byggskede och drift, underhåll samt reinvestering av infrastrukturen.

Tabell 1 Resultat från klimatkalkyl, utsläppsnivå 2015

<b>Växthusgasutsläpp, ton CO<sub>2</sub>- ekvivalenter</b>	<b>JA</b>	<b>RU1</b>	<b>RU2</b>	<b>RU3</b>	<b>RU4</b>
<b>Byggskede totalt</b>	7 274 000	5 027 000	4 401 000	3 100 000	5 509 000
<b>Bygg &amp; Reinvestering samt DoU per år</b>	86 000	60 000	54 000	39 000	64 000

Storleksordningen på växthusgasutsläpp till följd av byggandet av nya stambanor kan sättas i relation till utsläppen som genereras av flyg- eller vägtrafiken i det svenska transportsystemet. Figur 1<sup>3</sup> nedan illustrerar klimatbelastning från infrastruktur, drivmedel och fordon för väg- och järnvägstransporter, sjöfart och luftfart i det svenska transportsystemet ett genomsnittligt år runt 2015. Klimatpåverkan är beräknad med ett konsumtionsperspektiv och inkluderar infrastruktur, fordon och bränslen som behövs för den svenska befolkningens resor inrikes och utrikes, inrikes godstransporter samt import av gods. Klimatpåverkan från luftfart inkluderar höghöjdseffekten. Växthusgasutsläppen vid byggnation av Jämförelsealternativet, som är det alternativ som beräknas ha störst utsläpp, kan likställas med dryga nio månaders utsläppsmängder från flygtrafiken beräknat på årligt genomsnittligt utsläpp från svenskars resande, inrikes och utrikes. Jämfört med vägtrafiken motsvarar utsläppen till följd av Jämförelsealternativ knappt sex månaders utsläpp i det svenska transportsystemet.



Figur 1 Klimatbelastning från infrastruktur, drivmedel och fordon i det svenska transportsystemet ett genomsnittligt år runt 2015. Klimatpåverkan är beräknad med ett konsumtionsperspektiv och inkluderar infrastruktur, fordon och bränslen som behövs för den svenska befolkningens resor inrikes och utrikes, inrikes godstransporter samt import av gods. Klimatpåverkan från luftfart inkluderar höghöjdseffekten. Källa: Liljenström, C (2021)

Den allra största delen av utsläppen kommer från användning av material som betong och stål, som ger upphov till stora utsläpp av växthusgaser vid tillverkningen. En mindre del av utsläppen kommer från arbetsmaskiner och fordon som används för schaktarbeten, krossning, masstransporter m.m. vid byggandet av järnvägen. En liten del av utsläppen kommer från den permanenta skogsavverkning som görs för att bereda plats för järnvägen. EU är på väg att införa en reglering av medlemsländernas kolinlagring. Beroende på hur denna reglering kommer att se ut kommer mer eller mindre krav ställas på Sverige att kompensera skogsavverkningen genom ökad kolinlagring på annat håll. Av de

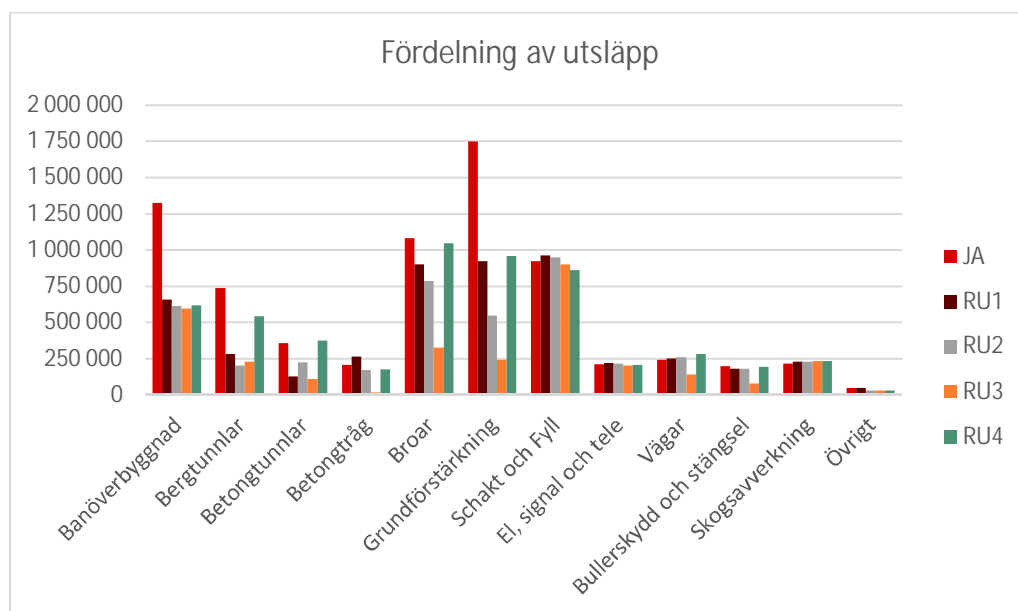
<sup>3</sup> Liljenström, C. 2021. Life cycle assessment of transport systems and transport infrastructure - Investigating methodological approaches and quantifying impacts at project and network levels. Doktorsavhandling KTH, sökbar via [kth.diva-portal.org](https://kth.diva-portal.org). Publiceras i mars 2021.

materialrelaterade utsläppen av växthusgaser kommer nästan allt från den handlande sektorn inom EU ETS14.

Resultaten i klimatkalkylen beräknas och sammanställs uppdelat på olika kategorier. Utsläpp per kategori enligt klimatkalkylresultaten presenteras i diagram i bilagan *Antaganden och resultat Klimatkalkyler för nya stambanor*. De typåtgärder och byggdelar som angetts i klimatkalkylerna har manuellt kategoriserats för att kunna redovisas på olika komponenter. Figur 2 visar en sammanställning av de olika alternativens utsläppsmängd per komponent.

Jämförelsealternativet har en betydligt större utsläppsmängd framförallt avseende banöverbyggnad och grundförstärkning. Skillnaden i utsläpp beror framförallt på att Jämförelsealternativet byggs delvis med ballastfri överbyggnad medan RU1-4 byggs med ballasterad överbyggnad. Ballastfri överbyggnad innehåller mycket betong vilket är en drivande utsläppspost samtidigt som det krävs större grundförstärkning jämfört med ballastfria spår.

Mängden broar och tunnlar är också betydande utsläppsposter som ger stor variation mellan de olika alternativen och som också bidrar till ökat behov av grundförstärkning. Sträckningen enligt RU3 kräver lägst km broar och tunnlar vilket är en bidragande faktor till att det totala utsläppet för RU3 är lägst.



Figur 2 Utsläpp per kategoriserad byggkomponent för alternativen

I tabellen nedan beskrivs den procentuella utsläppsmängden för varje komponent i respektive alternativ. Utsläppsfördelningen på komponenter är relativt lika mellan de olika alternativen. Undantaget är RU3 som har något lägre andel utsläpp fördelade på grundförstärkning och broar vilket följaktligen ger något högre andelar på större utsläppskomponenter som exempelvis banöverbyggnad samt schakt och fyll.

Tabell 2 Procentuell fördelning av totala utsläppen

<b>Fördelning av utsläpp över kategorier</b>	<b>JA</b>	<b>RU1</b>	<b>RU2</b>	<b>RU3</b>	<b>RU4</b>
<b>Banöverbyggnad</b>	18%	13%	14%	19%	11%
<b>Bergtunnlar</b>	10%	6%	5%	7%	10%
<b>Betongtunnlar</b>	5%	3%	5%	3%	7%
<b>Betongtråg</b>	3%	5%	4%	1%	3%
<b>Broar</b>	15%	18%	18%	11%	19%
<b>Grundförstärkning</b>	24%	18%	12%	8%	17%
<b>Schakt och Fyll</b>	13%	19%	22%	29%	16%
<b>El, signal och tele</b>	3%	4%	5%	7%	4%
<b>Vägar</b>	3%	5%	6%	5%	5%
<b>Bullerskydd och stängsel</b>	3%	4%	4%	3%	3%
<b>Skogsavverkning</b>	3%	5%	5%	7%	4%
<b>Övrigt</b>	1%	1%	1%	1%	1%

Som beskrivs i kapitel 3 finns vissa osäkerheter kopplat till resultaten i klimatkalkylerna. Osäkerheter i den totala klimatpåverkan från anläggandet av nya stambanor beror på begränsningar i klimatkalkylverktyget eller brister i mängdunderlaget, där vissa komponenter och anläggningsdelar inte inkluderas. De delar som inte ingår antas kunna bidra med ytterligare ca 5 % av klimatgasutsläppen. Detta ger en total utsläppsmängd enligt Tabell 3.

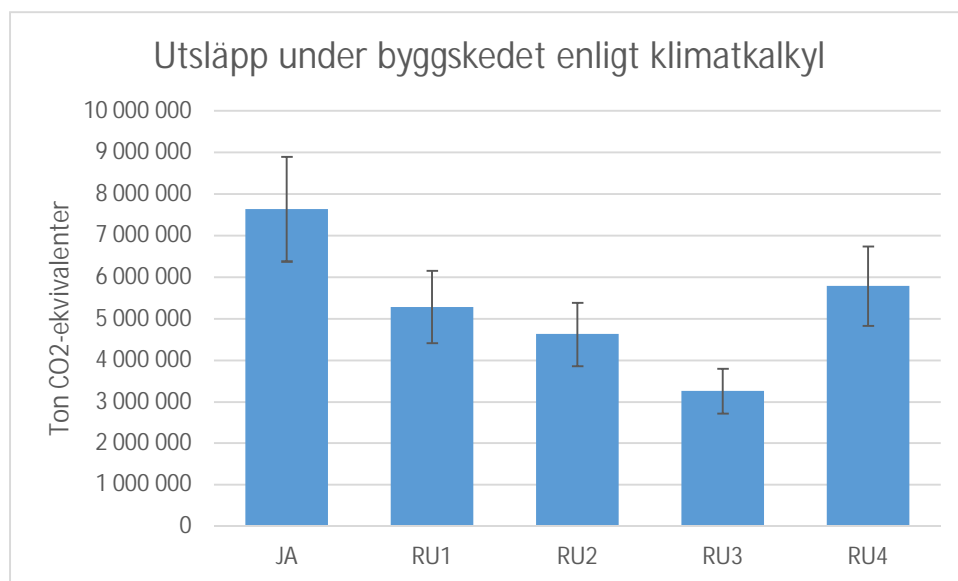
Tabell 3 Resultat från klimatkalkyl med 5% påslag

<b>Växthusgasutsläpp, ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter</b>	<b>JA</b>	<b>RU1</b>	<b>RU2</b>	<b>RU3</b>	<b>RU4</b>
<b>Byggskede totalt</b>	7 637 000	5 278 000	4 622 000	3 255 000	5 784 000

Underlag för klimatkalkyl kommer från mängderna som också ligger till grund för de ekonomiska kalkylerna. Då projekten befinner sig i tidiga skeden finns vissa osäkerheter kopplat till mängdunderlaget vilket också medför osäkerheter i klimatkalkylernas resultat. Eftersom fördelningen av klimatutsläpp och kostnader ofta går hand i hand har det antagits att motsvarande osäkerheter gäller även för klimatutsläppen. Med sannolikt kostnadsintervall och standardavvikelse har ett antagande med osäkerhet om +/- 16,5% i klimatkalkylens resultat applicerats på samtliga utredningsalternativ i klimat- och energiberäkningarna. Osäkerheterna bedöms dock vara lägre för JA än RU-alternativen då JA har kommit längre fram i planeringskedet.

Figuren nedan redovisar beräknade utsläpp i form av ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter under byggtid för jämförelsealternativet och utredningsalternativ RU1-RU4 inklusive 5% påslag för de anläggningsdelar som inte inkluderats i klimatkalkylen. Variationen i klimatkalkylernas

resultat med hänsyn osäkerheter till indata och schablonernas representativitet representeras av de svarta markeringarna.



Figur 3 Nya stambanors utsläpp under byggskedet (ton CO2-ekvivalenter) med bedömt osäkerhetsspann. Resultat enligt klimatkalkyl med 5% påslag.

### 4.3. Krav på reduktion

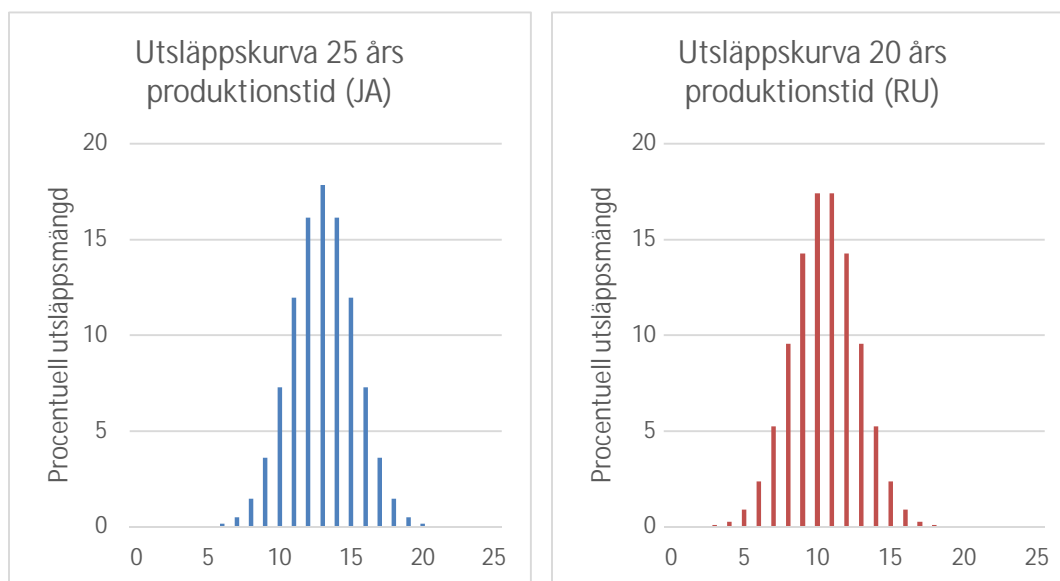
Trafikverket ställer krav på att minska infrastrukturens klimatpåverkan och har ett långsiktigt mål att infrastrukturen ska vara klimatneutral senast 2045. För att möjliggöra en stegvis omställning finns flera delmål för och krav på reduktion jämfört med 2015 som är utgångsläge i klimatkalkylverktyget:

- 2020 – minst 15 procents reduktion av klimatpåverkan med bonus för reduktioner upp till 30 procent i projekt och järnvägsmateriel.
- 2025 – minst 30 procents reduktion av klimatpåverkan med bonus för upp till halverad klimatpåverkan i projekt och järnvägsmateriel.
- 2030 – minst 50 procents reduktion av klimatpåverkan med bonus för upp till 100 procents reduktion av klimatpåverkan i projekt och järnvägsmateriel. Fossilfria drivmedel eller eldrift i alla entreprenader.

I samband med planeringen av nya stambanor har ytterligare ett delmål satts upp som avser 80% reduktion till 2035. Reduktionsmålen är uppsatta så att den entreprenad som färdigställs efter ett visst brytår ska uppfylla givna krav på reduktion. Exempelvis ska de delar av nya stambanor som beräknas vara färdigställda mellan 2030 och 2035 produceras så att klimatpåverkan reduceras med 50% jämfört mot beräknad klimatpåverkan enligt klimatkalkylens utgångsläge i 2015 års nivå.

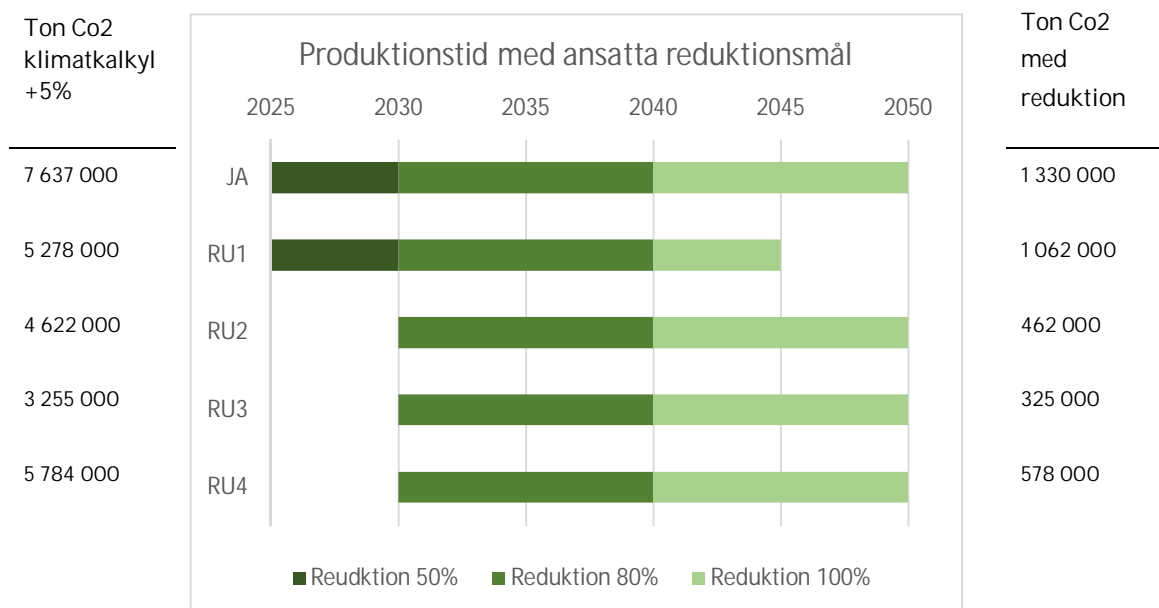
Produktionstid och färdigställande för nya stambanor i sin helhet varierar mellan utredningsalternativen. Den sammantagna produktionstiden för hela systemet bedöms för jämförelsealternativet pågå under 25 år medan produktionstiden för RU1-4 har bedömts pågå under 20 år. Vid byggnation av nya stambanor kommer produktionen sannolikt fördelas på flera olika entreprenader med olika storleksordning på utsläpp samt tidplaner för färdigställande. Då klimatpåverkan har beräknats för nya stambanor som helhet och inte

uppdelat på utbyggnadsetapper har utsläppen antagits fördelas enligt en normalfördelningskurva under respektive alternativs produktionstid. Den största mängden utsläpp antas därmed koncentreras till mitten av produktionstiden vilket illustreras i *Figur 4*.



*Figur 4 Antagen procentuell fördelning av utsläpp under 25 års produktionstid (JA) och 20 års produktionstid (RU)*

I beräkningarna av utsläppsreduktionen har byggnationen av nya stambanor antagits ske stegvis med upphandling av entreprenader i femårsperioder. Detta innebär i beräkningarna att kraven på reduktion börjar gälla fem år innan varje uppsatt delmål. Delmålet om 50% reduktion 2030 har således antagits gälla redan från utsläpp som sker år 2025 och delmålet om 80% reduktion 2035 har ansatts gälla från 2030. Figuren nedan visar produktionstiden för respektive alternativ samt vilka reduktionsmål som ansatts gälla för respektive år. I den vänstra kolumnen anges beräknade utsläpp i form av ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter från klimatkalkylerna med ett påslag på 5% till följd av brister i verktyg och underlag. I kolumnen till höger anges ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter med ansatta reduktioner. Den intensiva byggfasen i jämförelsealternativet och RU1 infaller tidigare än övriga alternativ vilket medför att en större del av utsläppen sker då kraven på reduktion är lägre. Byggstart för RU2, RU3 och RU4 medför att halva produktionstiden infaller då det finns krav om klimatneutralitet vilket resulterar i en större total reduktion under byggtid. Förutsatt att reduktionsmålen uppnås medför angiven produktionsstart i RU2-4 runt 50% lägre utsläpp jämfört med JA och RU1.

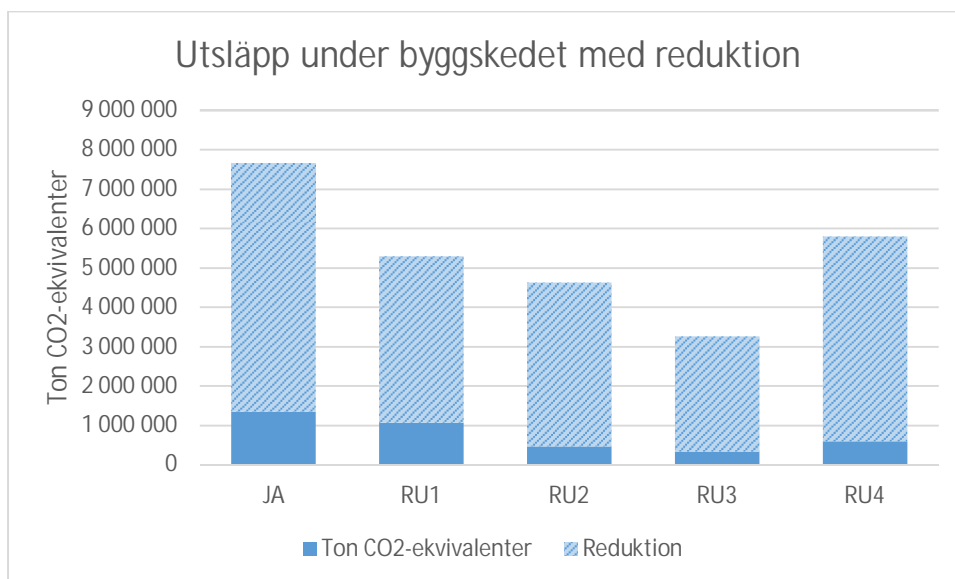


Figur 5 Produktionstid med gällande reduktionsmål samt beräknade utsläpp utan och med reduktion.

Antaganden om när i tid utsläppen från byggfasen uppstår samt hur de totala utsläppen fördelas per år har stor påverkan på utfallet av den beräknade reduktionen. Analysen är baserad på att hela anläggandet av nya stambanor sker inom en och samma period samt att utsläppen är normalfördelade under hela produktionstiden. För att möjliggöra en mer detaljerad analys som beskriver hur den ackumulerade reduktionspotentialen ser ut över tid krävs en mer omfattande analys mot produktionstidplanen för respektive delprojekt. Mängdunderlaget behöver presenteras uppdelat på antaget år för färdigställande av respektive entreprenad.

Givet ovanstående antaganden om perioder för utsläpp tillsammans med antagande att dessa stegvisa krav på reduktion uppnås ser växthusgasutsläppen från anläggandet av nya stambanor för de olika utredningsalternativen ut enligt figuren nedan. Enligt ovanstående beräkningsförutsättningar minskar totala utsläppet under byggtid med dryga 80% i Jämförelsealternativet och RU1 och runt 90% i RU2-4. I den sammantagna beskrivningen av växthusgasutsläpp i kapitel 6 redovisas alternativens utsläppsmängder under produktion med förutsättning att reduktionsmålen nås.





Figur 6 Nya stambanors utsläpp under byggskedet (ton CO2-ekvivalenter) enligt klimat kalkyl med utsläppsnivåer för 2015 med antagna reduktionskrav.

En analys genomförd inom ramen för arbetet med nya stambanor<sup>4</sup>, visar att det inte bedöms vara fullt möjligt att nå mål om 80% reduktion baserat på dagens prognos om hur implementering av åtgärder bedöms kunna göras. Beräkningarna visar en möjlig reduktion på ca 75% om hela systemet av nya stambanor byggs år 2035.

Analysen visar även att det bedöms som omöjligt att nå noll utsläpp av växthusgaser från byggandet av infrastruktur. När utsläpp från industriprocesser för tillverkning av stål, cement m.m. närmar sig noll kommer ändå utsläpp från t.ex. förändrad markanvändning för elproduktion och permanent avverkning av skogsbiomassa att finnas kvar. Analysen påtalar avsaknaden av en definition av begreppet klimatneutralitet kopplat till Trafikverkets mål och föreslår att detta bör beskrivas för att förtydliga vad som krävs för att uppnå målet.

För att nå 80% reduktion, eller mer, av klimatgasutsläpp från anläggningen krävs mer eller mindre transformativa åtgärder som innebär stora omställningar av stål- och cementindustrins tillverkningsprocesser samt en övergång till biobränslen och elektrifiering av tunga transporter och arbetsmaskiner. Omställningen av industrin och maskinbranschen bedöms vara möjlig, men för att få aktörer att våga satsa på investeringar för en omställning är det viktigt att det finns tydliga krav och en tydlig bild av efterfrågan, som förväntas gälla över lång tid. Ett sätt att uppnå det kan vara att Trafikverket tillsammans med andra stora beställare tydligt signalerar avsikter om att köpa klimatneutrala material och tjänster även om kostnaderna för dem kan öka.

Redovisade kostnader för de i regeringsuppdraget utredda alternativen förutsätter att omställning av industri och maskinbransch för att nå klimatmål finansieras på annat sätt än genom ökade produktionskostnader (exempel föreslås i rapport från Stockholm Sustainable Finance Centre, Financing the decarbonisation of heavy industry sectors in Sweden, 12 nov 2020). Om inte det sker så bedöms investeringskostnaden för nya stambanor bli 2,5–7% högre.

<sup>4</sup> PM Reduktionspotential och kostnadsbedömning av klimatåtgärder 210205, WSP

## 5 Växthusgasutsläpp för trafikförändring

### 5.1. Metod

Trafikförändringarna som sker till följd av denna åtgärd har analyserats med Trafikverkets prognosverktyg Sampers/Samkalk och Samgods.

Sampers beräknar personresor både för scenariot utan och med nya stambanor. Den samhällsekonomiska modulen Samkalk värderar sedan resultatet i form av skillnader i restider, reskostnader, utsläpp, trafikolyckor och slitage för underlag till bedömning av samhällsekonomisk lönsamhet.

Effekterna som genereras av Sampers och Samkalk är ofta uttryckta i årlig effekt för prognosåret. Då effekterna varierar över tid har därför vidare bearbetning skett i samband med upprättande av denna PM för att kunna göra en bättre bedömning över en längre tidsperiod. De variabler som antas förändras med tiden är trafik tillväxt och teknikutveckling (energieffektivisering av fordonsflottan). I beräkningarna av sammantaget växthusutsläpp till följd av nya stambanor antas överflyttningseffekterna från andra färdmedel gälla från det året då hela systemet öppnar för trafik i respektive alternativ. Då prognosåret i Sampers och Samkalk inte överensstämmer med den ansatta trafikstarten har effekterna räknats om för att motsvara nivåer för respektive alternativs antagna trafikstart.

En stor del av det indata som används vid effektberäkningarna beskrivs i ASEK och Trafikverkets dokumentation gällande indata och förutsättningar i gällande basprognos. Emissionsfaktorer är enligt detta hämtade från emissionsmodellen HBEFA.

### 5.2. Resultat från Sampers/Samkalk

I resultatet från Sampers/Samkalk beräknas skillnaden i växthusgasutsläpp mellan ett framtida scenario med stambanor jämfört mot ett framtida scenario utan stambanor. Skillnaden i ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter beräknas per år för prognosåret 2040 och redovisas i Tabell 4. I utsläppen som beräknas för flyg i Samkalk ingår en så kallad höghöjdsfaktor på 1,4. Denna höghöjdsfaktor representerar flygets ökade klimatpåverkan till följd av molnbildning då kväveoxid, vattenånga och sot släpps ut på hög höjd. I praktiken innebär det att klimatpåverkan från flyget antas vara 40 % högre till följd av denna höghöjdsfaktor än vad de direkta utsläppen kopplade till förbränning av flygbränsle leder till. Denna höghöjdsfaktor antas kvarstå även om flygbränsle byts ut mot fossilfria alternativ. Utsläpp till följd av förbränning av bränsle inkluderas inte i de samhällsekonomiska beräkningarna i basprognosen då de omfattas av EU:s handel med utsläppsrätter.

I beräkningarna av sammantaget växthusutsläpp till följd av nya stambanor antas överflyttningseffekterna från andra färdmedel gälla från öppningsåret för hela systemet. Skillnaden i ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter för respektive alternativ har räknats upp med årliga trafik tillväxttal till öppningsåret. Samtidigt bedöms överflyttningseffekterna minska något för varje år till följd av teknikutveckling. Tabell 5 visar skillnaden i växthusgasutsläpp uppdelat på färdmedel för år 2050 som är ansatt trafikstartår för samtliga alternativ utom RU1 där nya stambanor då antas ha trafikerats i fem år. Eftersom målet om ett klimatneutralt transportsystem antas vara uppnådda 2045 ger nya stambanor enbart minskat växthusgasutsläpp till följd av överflyttning från flyg. Som beskrivs ovan har hänsyn tagits till att flygets utsläpp på hög höjd medför större klimatpåverkan. De CO<sub>2</sub>-utsläpp från flyg som presenteras i Samkalk och tabeller i denna rapport avser enbart utsläpp kopplade till flygets höghöjdsfaktor då de direkta utsläppen från flyg ingår inom EU:s handel med

utsläppsrätter. För att visa på storleksordningen mellan flygets direkta utsläpp<sup>5</sup> och utsläpp kopplat till höghöjdseffekten redovisas båda typer av utsläpp i diagram med sammantagen beskrivning av växthusgasutsläpp.

Förändringen i utsläppsmängder till följd av överflyttning från bil och flyg som beräknas i Samkalk är relativt lika jämfört mellan de olika RU-alternativen trots de regionala skillnaderna mellan alternativen. Överflyttningseffekterna för flyg i Jämförelsealternativet är något lägre än RU samtidigt som överflyttningseffekterna för personbil är högre. Det bör noteras att det är olika basprognoser och versioner av Sampers som ligger till grund för resultaten i JA respektive UA vilket gör att resultaten inte är helt jämförbara med varandra. Skillnaderna mellan de olika basprognoserna och osäkerheterna i resultaten beskrivs översiktligt i kapitel 3.

Tabell 4 Resultat från Sampers/Samkalk. Skillnad i växthusgasutsläpp per år 2040 till följd av nya stambanor.

<b>Växthusgasutsläpp, ton CO2 per år, år 2040</b>	<b>Personbil<sup>6</sup></b>	<b>Lastbil</b>	<b>Buss</b>	<b>Tåg<sup>7</sup></b>	<b>Flyg<sup>8</sup></b>	<b>Total</b>
<b>JA</b>	-5 000	-2 700	0	2 000	-15 800	<b>-21 500</b>
<b>RU1</b>	-3 700	-2 400	0	200	-18 000	<b>-23 900</b>
<b>RU2</b>	-3 700	-2 400	0	0	-19 600	<b>-25 700</b>
<b>RU3</b>	-3 400	-2 200	0	-100	-19 200	<b>-24 900</b>
<b>RU4</b>	-3 800	-2 200	0	2000	-19 200	<b>-23 200</b>

Tabell 5 Omräknad indata till beräkning av sammantagen klimatpåverkan. Skillnad i växthusgasutsläpp per år 2050 till följd av nya stambanor.

<b>Växthusgasutsläpp, ton CO2 per år, omräknat till 2050</b>	<b>Personbil</b>	<b>Lastbil</b>	<b>Buss</b>	<b>Tåg</b>	<b>Flyg<sup>9</sup></b>	<b>Total</b>
<b>JA</b>	-	-	-	-	-16 100	<b>-16 100</b>
<b>RU1</b>	-	-	-	-	-18 600	<b>-18 600</b>
<b>RU2</b>	-	-	-	-	-20 000	<b>-20 000</b>
<b>RU3</b>	-	-	-	-	-19 600	<b>-19 600</b>
<b>RU4</b>					-19 600	<b>-19 600</b>

<sup>5</sup> De direkta utsläppen från flyget är beräknade med dagens bränslemix och antas ej minska till följd av klimatmålen.

<sup>6</sup> I denna post ingår både personbil (Pb) och personbil yrkestrafik (Pby).

<sup>7</sup> I denna post ingår både persontåg och godståg

<sup>8</sup> I denna post ingår enbart utsläpp från höghöjdseffekten

<sup>9</sup> I denna post ingår enbart utsläpp från höghöjdseffekten

## 6 Sammantagen beskrivning av växthusgasutsläpp

### 6.1. Metod för sammantagen beskrivning

Metoden för sammantagen beskrivning innebär att växthusgasutsläppen från byggnation, drift, underhåll och reinvestering summeras med växthusgasutsläpp från trafikförändring över kalkylperioden. Uppgifter om utsläpp från byggande, drift, underhåll och reinvestering har hämtats från Klimatkalkyl och beskrivs i kapitel 4. Resultaten om utsläpp under byggtid redovisas med 5% påslag till följd av begränsningar i Klimatkalkylverket samt med antagna mål om reduktioner.

Utsläppen från byggskedet i Tabell 3 har fördelats över produktionstiden vilken är ansatt till 25 år för JA och 20 år för RU och antas vara normalfördelad. Detta är ett grovt antagande men utsläppen som genereras av byggandet tenderar till att vara lägre i byggskedets start- och slutfas. Utsläppen från reinvestering samt drift- och underhåll per år inkluderas inte i beräkningen då målen om klimatneutralitet antas vara uppnådda.

Uppgifter om förändrade utsläpp från trafiken har hämtats från prognosverket Sampers/Samkalk och beskrivs i kapitel 4.2. Resultaten i Sampers/Samkalk och Samgods beräknas för prognosår 2040 men är i de sammantagna beräkningarna omräknade för att gälla från respektive alternativs öppningsår.

Årlig förändring av utsläpp från trafiken har beräknats med antaganden om teknikutveckling och trafiktillväxt vilket hanteras som schablonvärden. Antaganden om trafiktillväxt för Trafikverkets nuläge och brytår har hämtats från Trafikverkets sammanställning av Trafikuppräkningsstal för Järnvägsanalyser i Samkalk<sup>10</sup>. För beräkning av årlig förändring mellan brytåren har interpolation använts.

Det förekommer osäkerheter kopplade till såväl utsläpp under byggtid som från trafikering, dessa beskrivs i kapitel 3.

### 6.2. Resultat

Nya stambanor leder till ökade utsläpp under byggnationen men bidrar till minskade utsläpp efter färdigställande då det sker en överflyttning från transporter med fossila bränslen till järnväg.

I basprognosen antas målet om ett klimatneutralt transportsystem 2045 uppnås vilket medför att bil-, lastbilstrafik och kollektivtrafik inte genererar några växthusgasutsläpp efter 2045. Även i den sammantagna beräkningen av växthusgasutsläpp till följd av nya stambanor har måluppfyllelsen varit en förutsättning. Följaktligen antas det att reduktioner av utsläpp under produktionstiden fullt kan implementeras och att infrastrukturen under sin livscykel inte heller genererar några utsläpp vid drift, underhåll eller reinvestering. Enligt kraven på reduktion och beräkningsantaganden som beskrivs i kapitel 4 har utsläppsmängderna under produktion reducerats och det antas inte ske några utsläpp under byggtiden från 2040. Enligt målet 2045 ska de anläggningar som färdigställs efter 2045 vara noll och i beräkningen antas produktionen för de delar som färdigställs 2045 påbörjas 5 år tidigare.

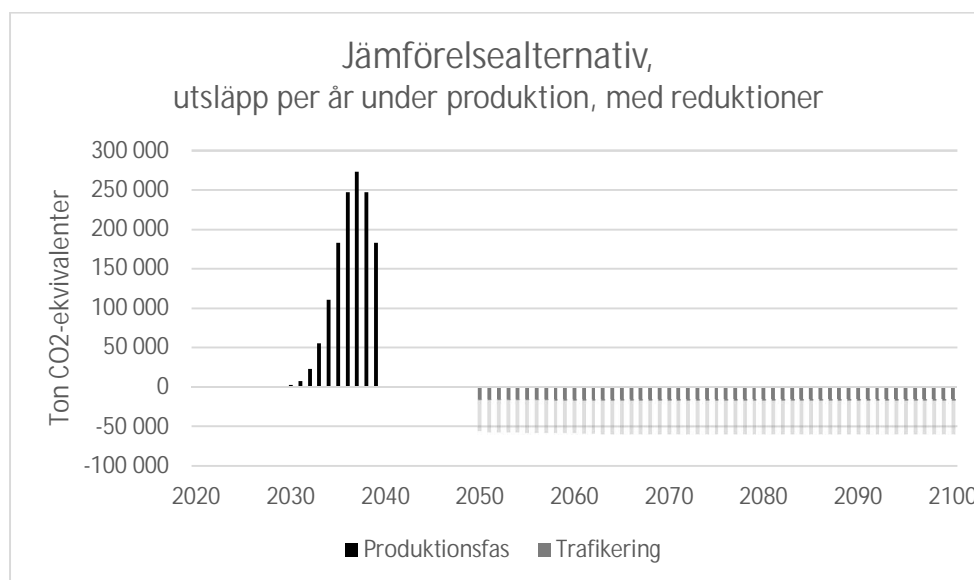
Figurerna nedan visar en årlig översikt av utsläppsförändringar till följd av nya stambanor. Efter färdigställandet av nya stambanor sker en överflyttning från flygtrafiken vilket beräknas generera en årlig minskning av växthusgasutsläpp. I basprognosen beräknas

---

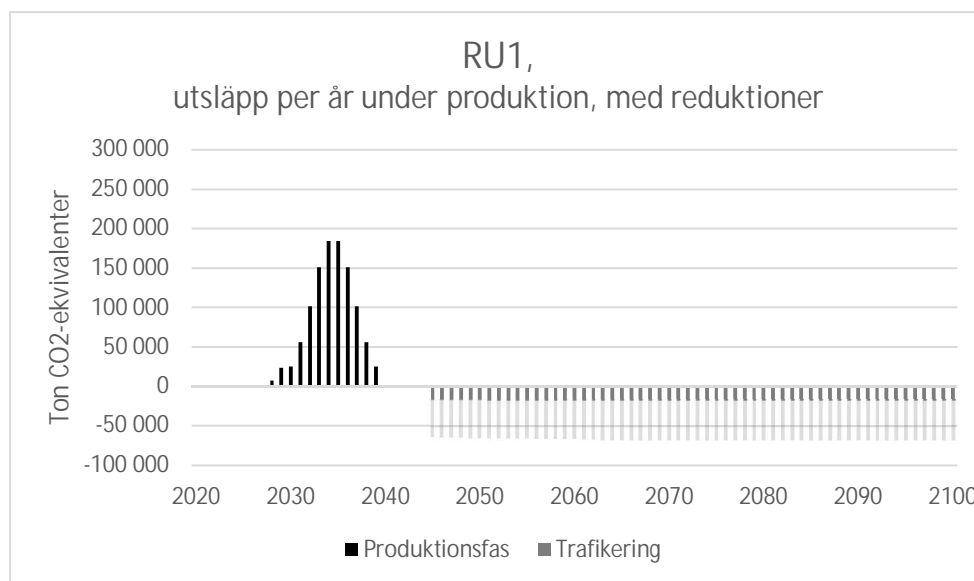
<sup>10</sup> Trafikuppräkningsstal – Järnvägsanalyser Samkalk 200615

enbart förändringen i växthusgasutsläpp till följd av höghöjdsfaktorn, denna förändring markeras av den mörkare delen av staplarna i figurerna nedan. De ljusa delarna av staplarna illustrerar hur utsläppsminskningen ser ut förutsatt att flygbränslet inte blir fossilfritt och emissionsfaktorerna från flyg ligger på samma nivå som idag. Klimatpåverkan till följd av höghöjdsfaktorn kommer kvarstå även om flygbränslet byts ut till biodrivmedel. Det kommer det ur ett energiperspektiv alltid att vara bättre att resa med tåg än flyg. Nya stambanor bidrar även till överflyttning från andra färdmedel men genererar inte någon skillnad i utsläpp då fordonsflottan antas vara fossilfri.

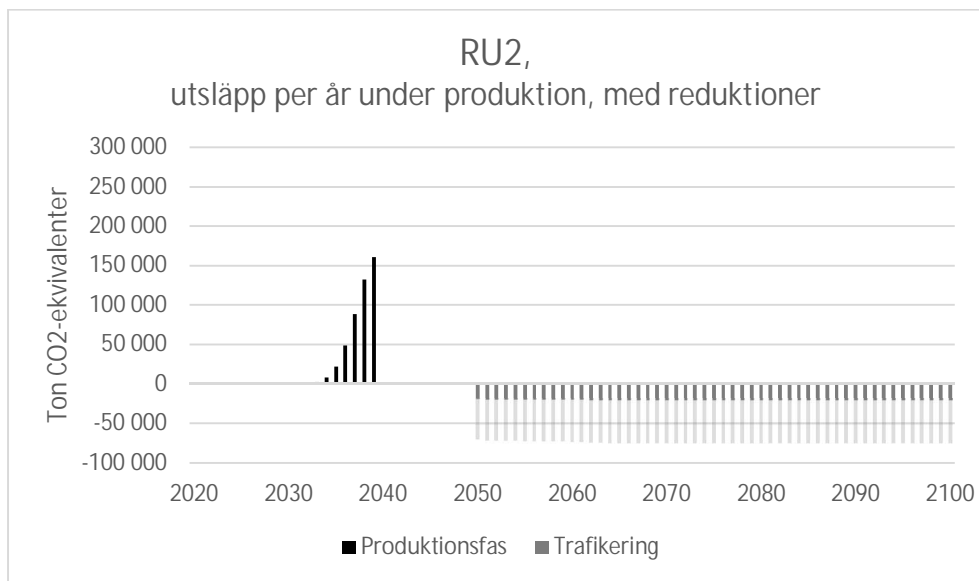
Det bör noteras att utsläppen till följd av produktion och minskade utsläpp till följd av överflyttning från andra transportmedel inte helt är jämförbara utan redovisas i samma figur för att få en jämförelse av storleksordningar. Begränsningar i beräkningen av utsläpp beskrivs i kapitel 3. Utöver detta bör det återigen beläggas att resultaten avser ett scenario med ett fossilfritt transportsystem 2045 och med uppsatta delmål om reduktioner under anläggning. Utsläppen under produktion som redovisas i resultaten är således ca 80–90 % lägre jämfört med de utsläpp som beräknades i klimat kalkylen.



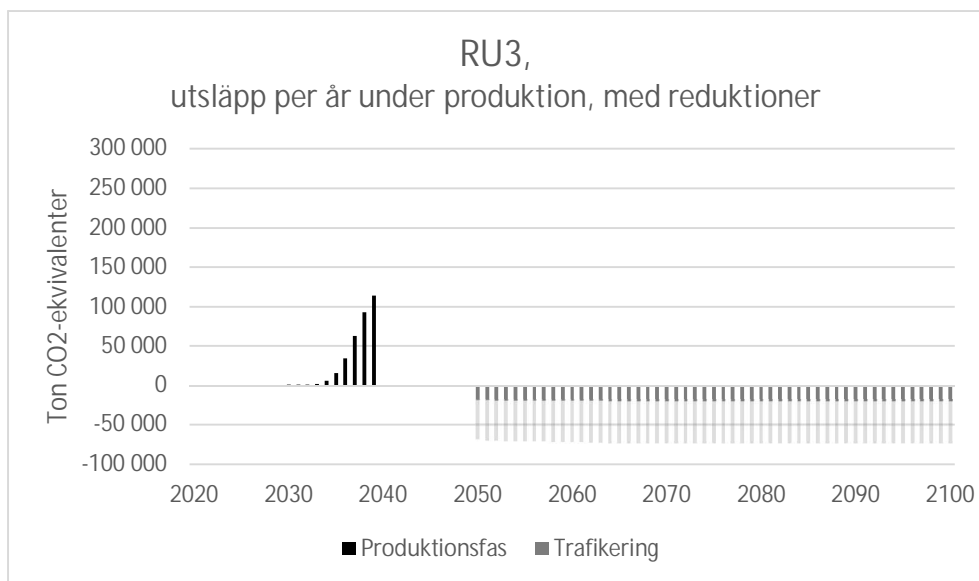
Figur 7 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för JA.



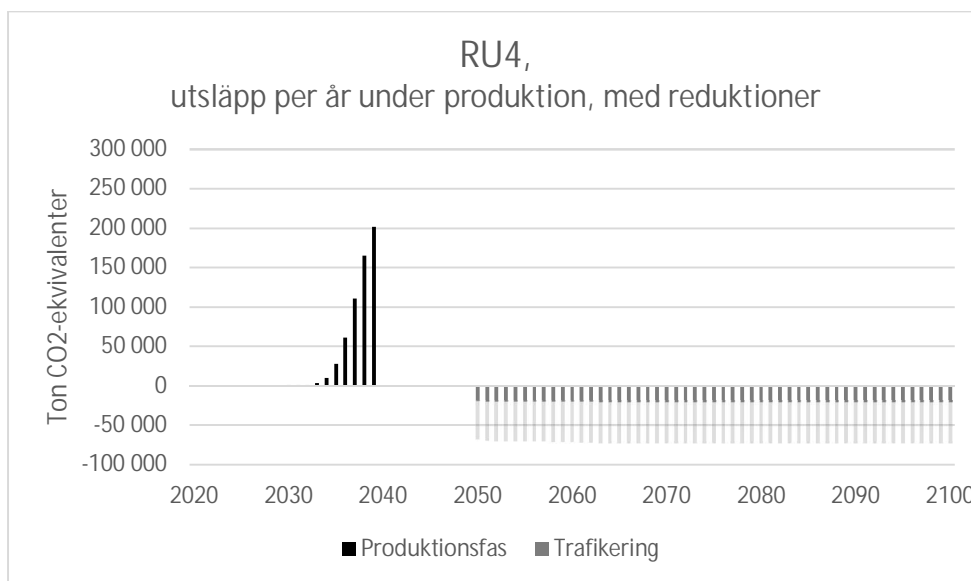
Figur 8 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för RU1.



Figur 9 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för RU2.



Figur 10 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för RU3.



Figur 11 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för RU4.

## 7 Energianvändning för infrastrukturen

### 7.1. Metod

För att beräkna energianvändning från byggande av infrastrukturen används Trafikverkets verktyg Klimatkalkyl, som är en modell för att beräkna växthusgasutsläpp samt primär energianvändning som transportinfrastrukturen ger upphov till ur ett livscykelperspektiv. Modellen är baserad på metodik för livscykelanalys (LCA) (ISO 14040, 2006) och använder emissionsfaktorer tillsammans med resursschabloner och projektspecifika indata för att beräkna energianvändning och emissioner av koldioxidekvivalenter från ett objekt eller en åtgärd. Emissionsfaktorerna som används i Klimatkalkyl är beslutade av Trafikverket som effektsamband. Modellen beräknar energianvändning och emissioner som orsakas av användningen av resurser, såväl vid byggande och underhåll som vid materialframställning. Detta innebär att utvinning, transport och förädling av råvaror, byggandet av anläggningen samt det framtida underhållet är medräknat i resultaten. Även utsläpp till följd av avskogning ingår. Data för materialen, teknik och processer är representativt för år 2015. Inga justeringar är gjorda i detta skede för att inkludera potentiella förbättringar i materialtillverkning eller teknik.

Samma klimatkalkyler som ligger till grund för beräkningarna av växthusgaser har använts för att uppskatta energianvändningen under byggfas samt för drift och underhåll. Klimatkalkyler för jämförelsealternativet (JA) och för de alternativa systemutformningarna (RU1-UR4) har tagits fram i version 7.0. För inmatning av mängder i klimatkalkylverktöget har ingång C använts. Projektets byggtid för JA anges vara 25 år och för samtliga RU 20 år.

Klimatkalkylerna som tagits fram för de alternativa systemutformningarna (RU1-4) följer i så stor utsträckning som möjligt samma metod och antaganden som den klimatkalkyl som tagits fram för jämförelsealternativet (JA) i ett parallellt pågående uppdrag. Indata till respektive klimatkalkyl redovisas i bilagan *Antaganden och resultat Klimatkalkyler för nya stambanor*.

### 7.2. Resultat från klimatkalkylen

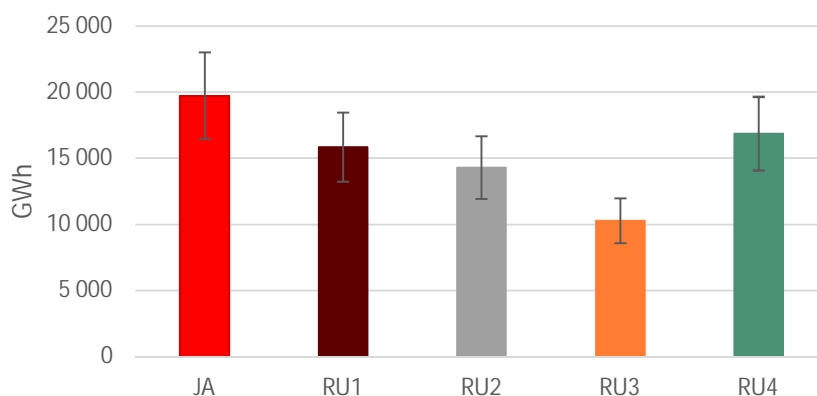
Klimatkalkylerna ger resultat i form av klimatbelastning och energianvändning från all resursanvändning kopplad till byggandet av projektet. Klimatbelastning beskrivs i ton CO2-

ekvivalenter och energianvändningen i GJ. Klimatbelastning och energianvändning beräknas även för reinvestering, drift och underhåll av infrastrukturen och ger resultatet för infrastrukturens klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Tabell 6 sammanställer total mängd primärenergianvändning<sup>11</sup> under byggskede samt drift och underhåll av infrastrukturen enligt klimatkalkylerna (omräknat till GWh).

Tabell 6 Resultat från klimatkalkyl, utsläppsnivå 2015

Primärenergianvändning, GWh	JA	RU1	RU2	RU3	RU4
Byggskede totalt	18 800	15 100	13 600	9 800	16 000
Drift och underhåll per år	31	26	26	19	33

Resultaten visar att JA är det utformningsalternativ som kräver högst energianvändning medan RU3 är det alternativ som kräver minst energianvändning. Detta gäller för så väl energianvändning under byggskede som i driftsfas (Bygg, Reinvestering samt DoU). Skillnaden mellan de olika alternativen är kopplad till den anläggningsmassa de olika alternativen innehåller. Ju fler kilometer järnväg och ju fler tunnlar, broar och andra anläggningsdelar som ska byggas, ju högre energianvändning. Skillnad mellan de olika alternativen beskrivs mer i Kapitel 4. Precis som för uppskattning av mängd växthusgaser är energianvändningen som genereras ur klimatkalkylverktyget förknippad med osäkerheter kopplade till verktyget i sig samt angivna osäkerheter i mängder. Denna osäkerhet redovisas tillsammans med staplar för primärenergianvändning enligt klimatkalkylen (omräknat från GJ till GWh) i Figur 12.



Figur 12. Energianvändning under byggskede inklusive 5% påslag med osäkerhetsintervall.

En del av de åtgärder som antas vidtas för att uppfylla kraven om reduktion av växthusgasutsläpp under byggtid innebär även en minskad energianvändning. Samtidigt finns det åtgärder som resulterar i en ökad energianvändning. Hur den totala energianvändningen vid byggnation kommer att påverkas av reduktionskraven som ställs är alltså mycket svårt att bedöma i dagsläget.

<sup>11</sup> Energiinnehåll i primära energikällor innan de genomgått omvandling samt energianvändning för utvinning, transporter och distribution.



Klimatkalkylverktyget beräknar primärenergianvändning från byggande, drift och underhåll från infrastrukturen. Det innebär att precis som för beräkningarna av koldioxid i klimatkalkylen tar klimatkalkylverktyget hänsyn till ett livscykelperspektiv och inkluderar energiinnehåll i primära energikällor innan omvandling samt energianvändning vid utvinning, transporter och distribution.

Ett annat vanligt mått för att mäta energianvändning är den totala användningen av sekundär energi. Sekundära energikällor är energi när det omvandlats till mer användbara former, till exempel elektricitet, diesel, bensin eller andra drivmedel. Några resultat för sekundärenergianvändning redovisas ej i klimatkalkylen men det är möjligt att genomföra beräkningar baserat på de indata och schabloner som finns i klimatkalkylerna. Sådana beräkningar har gjorts för att uppskatta mängden sekundär energi som kommer att användas vid byggnation av de nya stambanorna i termer av använd elektricitet och diesel. Detta mått tar ej hänsyn till energin som krävs vid råvaruutvinning, förädling, transport eller överföring av energi mellan olika energikällor. Något förenklat kan man säga att det är den sekundära energianvändningen som kommer synas på "notan" i form av använd elektricitet och diesel. Medan den primära energianvändningen tar hänsyn till energianvändning ur ett livscykelperspektiv. I tabellen nedan redovisas så väl den sekundära som den primära energianvändningen under byggfas för respektive alternativ.

Precis som för primärenergi är JA det alternativ som kräver mest sekundärenergianvändning under byggskede medan RU3 är det alternativ som kräver minst sekundärenergianvändning.

Tabell 7. Primär och sekundär energianvändning totalt under byggskede, utsläppsnivå 2015

Energianvändning byggskede total, GWh	JA	RU1	RU2	RU3	RU4
Primärenergi från klimatkalkyl	18 800	15 100	13 600	9 800	16 000
Sekundärenergi beräknad baserad på klimatkalkyl	4 600	4 000	3 900	3 300	4 000

## 8 Energianvändning för trafikförändring

### 8.1. Metod

Precis som för beräkningarna för växthusgasutsläpp har ett antagande gjorts om att energianvändningen från trafik startar vid respektive alternativs trafikstartår. För jämförbarheten redovisas resultaten för år 2050 då samtliga alternativ har öppnat för trafik. En omräkning av resultaten med hänsyn till teknikutveckling och trafiktillväxt har gjorts från 2040 års värden till 2050 då trafiken på nya stambanorna har startat i samtliga alternativ enligt samma metod som för klimatpåverkan i avsnitt 4.

Energianvändning per person/fordons-kilometer har tillämpats på de nettoeffekter i transport- respektive trafikarbete som hämtas från Sampers/Samkalk (och Samgods för lastbil) för att ge en uppskattning av den totala energianvändningen per utformningsalternativ. Olika färdmedel och fordonstyper antas ha olika energianvändning

per person- respektive fordonskilometer och fordonsammansställningen baseras antaganden i gällande basprognos. Den energianvändning som beskrivs för trafiken är så kallad "well-to-wheel"<sup>12</sup> vilket innebär att för elektricitet ingår energiförluster vid överföring i elnätet och för drivmedel ingår energianvändning vid produktion, distribution och användning av drivmedel. Energinvändningen som beräknas för trafikförändring kan således vara jämförbar med primärenerginvändning från klimatkalkylen.

## 8.2. Resultat

Det är inte bara under anläggandet som utbyggnad av nya stambanor leder till förändrad energianvändning. De nya stambanorna leder till en överflyttning av person- och godstransporter från flyg och vägtrafik till järnväg, och tåg som transportmedel är både energieffektivt och yteffektivt i jämförelse med andra trafikslag. Minst energieffektivt är resor med flyg som kräver cirka 15 gånger mer energi per fordonskilometer än höghastighetståg. En överflyttning av resor från flyg till järnväg är därför fördelaktigt ur ett energiperspektiv.

Energinvändning från tågdriften kommer att öka med de nya stambanorna då det tillkommer nya tågresor. Samtidigt minskar antalet resor som görs med personbil eller flyg och transporter som sker med lastbil vilket tillsammans leder till minskad energianvändning i transportsystemet. Genomförda modellanalyser visar att minskningen av den totala energianvändningen från vägtrafik och flyg är större än den ökade energianvändningen från tåg som nya stambanorna leder till. De nya stambanorna ger alltså en nettominskning av energianvändning från trafiken i samtliga utredningsalternativ.

I Tabell 8 Tabell 4 nedan redovisas resultat för förändrad energianvändning från trafiken till följd av nya stambanorna. En överflyttning från personbil till tåg innebär ett minskat trafikarbete med personbil nationellt sett och därmed minskad energianvändning för personbilar. Energinvändningen för tåg ökar till följd av nya stambanorna då fler personer väljer att resa med tåg, dessutom antas höghastighetstågen ha en högre energianvändning per personkilometer än exempelvis "vanliga" snabbtåg eller regionaltåg. Den förändrade energianvändningen för tåg som redovisas nedan består således av flera komponenter. Dels så sker det en överflyttning från det befintliga tågnätet till nya stambanorna. Detta resulterar i minskat behov av energianvändning från tågen som ej trafikerar de nya stambanorna. Dels resulterar resande av tåg på de nya linjerna på de nya stambanorna ett ökat behov av energianvändning i transportsystemet. Den största delen av denna ökning kommer från linjerna med höghastighetståg på sträckorna Stockholm-Göteborg och Stockholm-Malmö. Men även nya linjer med snabba regionaltåg bidrar till en ökad energianvändning.

Beräkningarna visar att JA är det alternativ som ger lägst minskning av energianvändning från trafiken till följd av nya Stambanorna. RU3 är det alternativ som har mest resande (transportarbete) med höghastighetståg på linjerna Stockholm-Göteborg och Stockholm-Malmö. Däremot är det mindre resande med snabba regionaltåg på de nya stambanorna i alternativ RU3 än RU1 och RU2 vilket sammantagtningsvis leder till att RU3 är det alternativ som leder till minst ökning av energianvändning från tåg. Dock innebär det låga resandet med snabba regionaltåg på nya stambanorna i RU3 i förhållande till de övriga alternativen att RU3 är det alternativ som ger minst överflyttningseffekter från buss och övrigt spår (pendeltåg, spårväg, tunnelbana). Sammanfattningsvis visar resultaten att samtliga alternativ för utformning av nya stambanor ger en lägre energianvändning från

---

<sup>12</sup> Beskrivning energianvändning ur ett livscykelperspektiv som tar hänsyn till hela kedjan från produktion, distribution och användning av drivmedel.

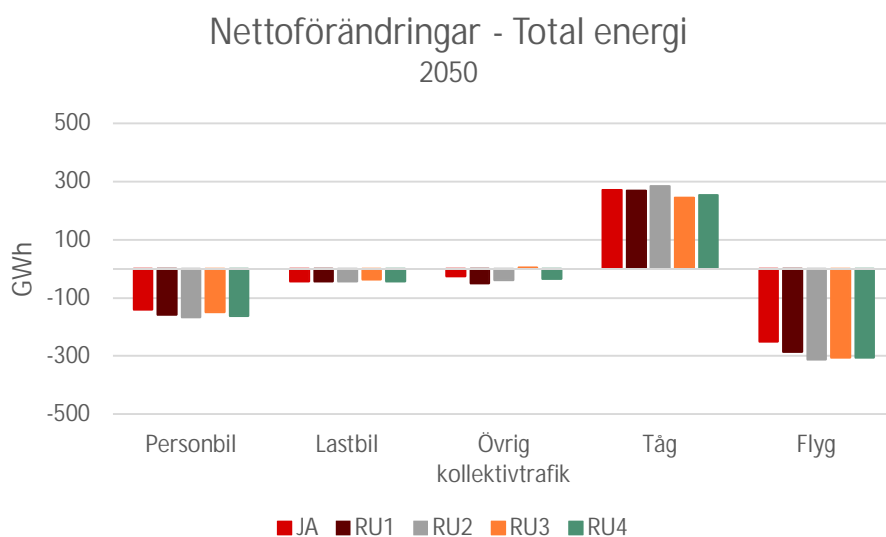
transportsektorn än om nya stambanorna ej skulle byggas. JA är det alternativ som kräver högst energianvändning från transportsektorn i ett scenario med nya stambanor medan RU2 och RU3 är de alternativ som kräver lägst alternativ energianvändning.

Tabell 8. Resultat för prognosår 2040. Skillnad i energianvändning "well-to-wheel" per år 2040 till följd av nya stambanor.

Energianvändning, GWh, år 2040	Personbil	Lastbil	Buss & övr spår	Tåg	Flyg	Total
JA	-140	-40	-30	270	-250	-190
RU1	-160	-40	-50	270	-290	-270
RU2	-170	-40	-40	280	-310	-280
RU3	-150	-40	0	240	-310	-240
RU4	-160	-40	-40	250	-310	-290

Tabell 9. Energianvändning omräknat till år 2050. Skillnad i energianvändning "well-to-wheel" per år 2050 till följd av nya stambanor.

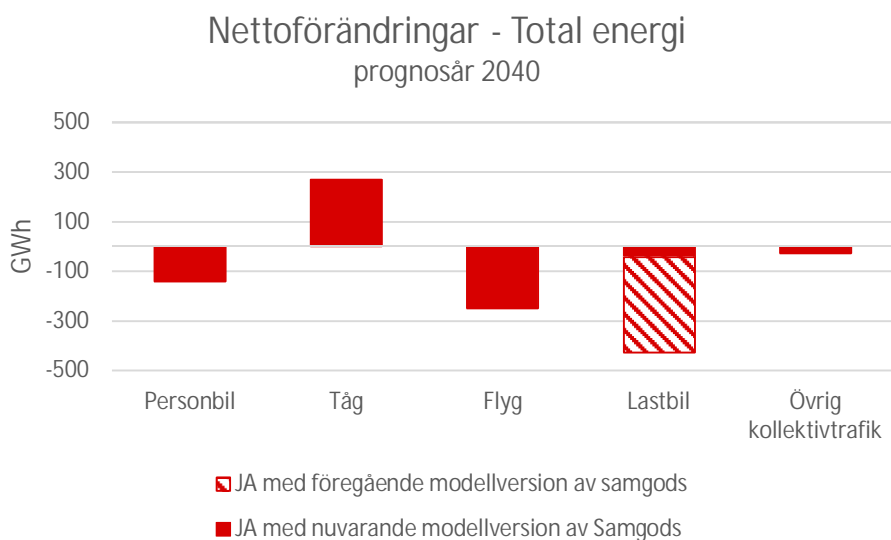
Energianvändning, GWh per år, omräknat till 2050	Personbil	Lastbil	Buss & övr spår	Tåg	Flyg	Total
JA	-160	-50	-30	300	-280	-210
RU1	-170	-50	-50	300	-320	-290
RU2	-180	-50	-40	310	-340	-310
RU3	-170	-40	0	270	-340	-270
RU4	-180	-50	-40	280	-340	-320



Figur 13. Förändrad energianvändning från trafiken till följd av nya stambanorna

Det är värt att nämna att analyserna innehåller en hel del osäkerheter. Till exempel har sammansättningen av fordonsflottan inverkan på resultaten. Analysen bygger på en

fordonssammansättning enligt gällande basprognos 2040. En ännu högre elbilsandel än i basprognosen skulle innebära en något lägre potential för energibesparing vid överflyttning från väg till järnväg. Samtidigt skulle förändrade antaganden avseende körkostnader för lastbilar kunna innebära en potential att få större överflyttningseffekter från lastbil till tåg. I nuvarande modellversion av Samgods är klimatmålen för vägtrafik nådda år 2045. Till följd av detta är det en större ellastbilsandel än i tidigare modellversion. Dessutom antas elpriset vara högre i nuvarande samgodsversion vilket i sin tur leder till minskad transportkostnadsskillnad mellan lastbil och godståg totalt sett. Konsekvensen av det är minskad överflyttning mellan väg och järnväg vid utbyggnad av nya stambanor i modellen jämfört med tidigare analyser med föregående modellversion. Figuren nedan visar nettoförändring av total energianvändning per trafikslag för JA med överflyttning av godstransporter på väg till järnväg vid byggande av nya stambanor i tidigare modellversion jämfört med nuvarande modellversion av Samgods. Överflyttningseffekterna för lastbil var cirka fem gånger större i resultaten från föregående modellversion av Samgods som nuvarande modellversion.



Figur 14. Förändrad energianvändning från trafiken i JA med befintlig respektive tidigare basprognos resultat för lastbilar.

Utöver ovanstående finns det också osäkerheter runt överflyttningseffekter från flyg till tåg, där Sampers antar låga värden i en internationell jämförelse, samt tillkommande internationellt resande som inte är inkluderat i Sampers. Känslighetsanalysen i kapitel 10 analyserar detta närmare.

## 9 Sammantagen beskrivning av energianvändning

### 9.1. Metod

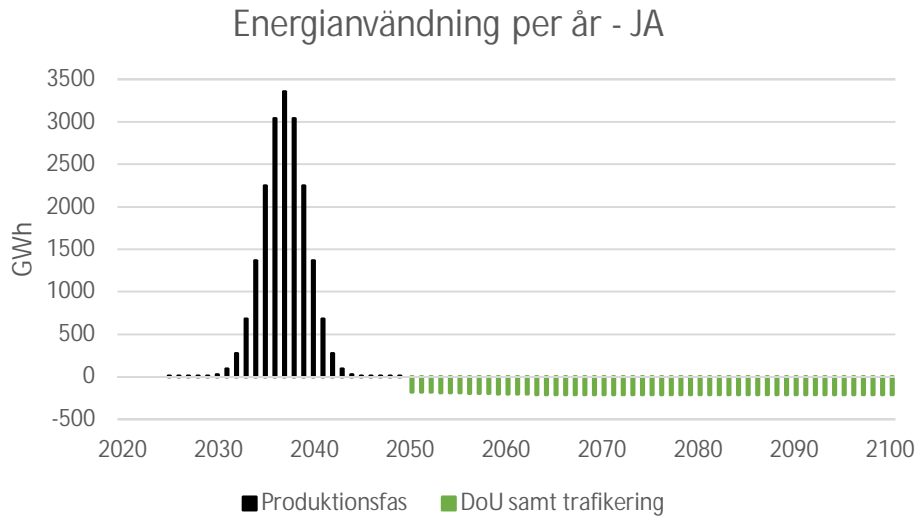
För att få en uppfattning av hur stor energianvändning som krävs under byggskede i relation till förändring av energianvändning i transportsystemet till följd av byggande av nya stambanorna har en sammantagen beskrivning av energianvändning gjorts. Denna sammantagna beskrivning inkluderar primärenergianvändning från byggskede samt för drift och underhåll enligt klimatkalkylen samt förändrad energianvändning inom transportsektorn enligt avsnitt 7 ovan.

## 9.2. Resultat

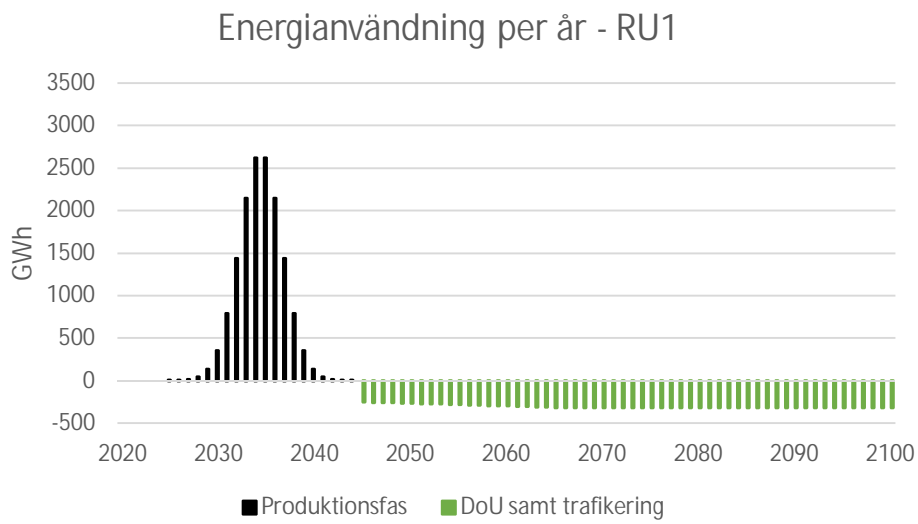
För beräkning av den sammantagna energianvändningen till följd av utbyggnad av nya stambanor har hänsyn tagits till att det sker en viss teknikutveckling på av fordon som på sikt ger lägre energianvändning från transportsektorn. Hänsyn har även tagits till att det sker en viss trafik tillväxt med tiden i takt med att befolkningen ökar och ekonomin utvecklas. Nedan presenteras resultat för sammantagen energianvändning för de olika utformningsalternativen. Precis som i den sammantagna beskrivningen av växthusgasutsläpp har ett antagande gjorts om att energianvändningen under byggtid är högst under mitten av byggskedet då det är som mest intensiv bygghfas. Dock har hänsyn ej tagits till de krav som ställs på leverantörerna för att minska klimatpåverkan från infrastrukturen. I analysen av den sammantagna klimatpåverkan antogs utsläppen under byggskede att minska jämfört med vad som anges i klimatkalkylerna. Då det är mycket osäkert hur åtgärderna som vidtas för att minska växthusgasutsläppen från byggskede kommer påverka energianvändningen under byggskede har några justeringar av energianvändningen ej gjorts. Det finns sannolikt åtgärder som bidrar till lägre energianvändning men även åtgärder som bidrar till högre energianvändning. Resultaten som redovisas i detta avsnitt avser alltså energianvändning under bygghfas och från drift och underhåll enligt klimatkalkylverktyget.

Resultaten visar att JA är det alternativ som kräver mest energianvändning under bygghfas samt resulterar i minst energivinster i ett driftskede. Detta kan bero på att JA är det alternativ som har kommit längst i planeringskede och därmed har mest detaljerad information. RU1 och RU2 har tämligen lika energianvändning under så väl bygghfas som efter trafikstart. RU3 har en något lägre minskning av energianvändning efter öppnande av nya stambanor än RU1 och RU2. Samtidigt bidrar utformningen i RU3 till betydligt lägre energianvändning under byggskede än i de övriga alternativen.

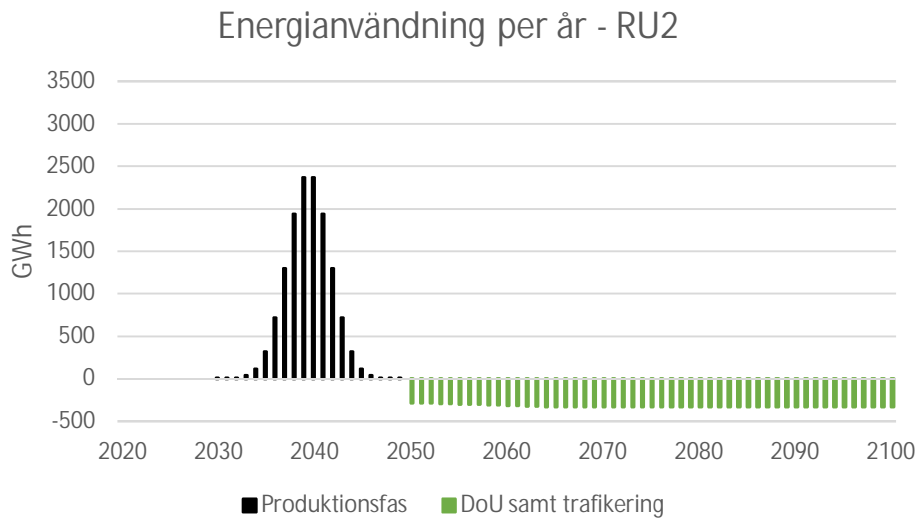
Sammanfattningsvis kan man kommentera att skillnaderna mellan förändring av energianvändning från transportsektorn är tämligen liten mellan de olika alternativen. Sett till energianvändning från infrastrukturen är det mycket större skillnader mellan de olika utformningsalternativen. Utifrån de beräkningsantaganden som gjorts i denna analys är alltså de linjedragningar, val av banöverbyggnad, stationsbyggnader och övrigt som är kopplat till energianvändning från till infrastrukturen det som visar störst skillnad i total energianvändning mellan de olika utformningsalternativen. Detta innebär dock inte att effekterna från trafikförändringar ej har någon effekt. Sett över en längre tidsperiod resulterar utbyggnad av nya stambanor till minskad energianvändning.



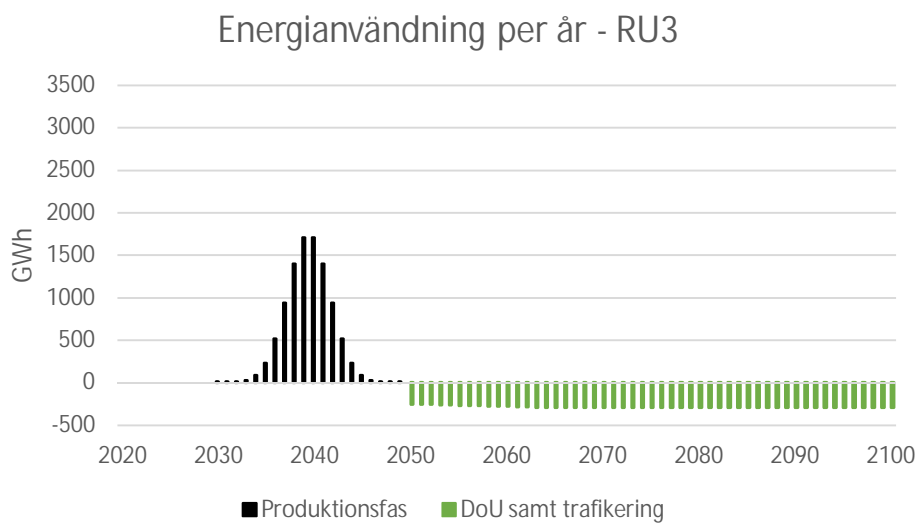
Figur 15. Sammantagen energianvändning för nya stambanor - JA.



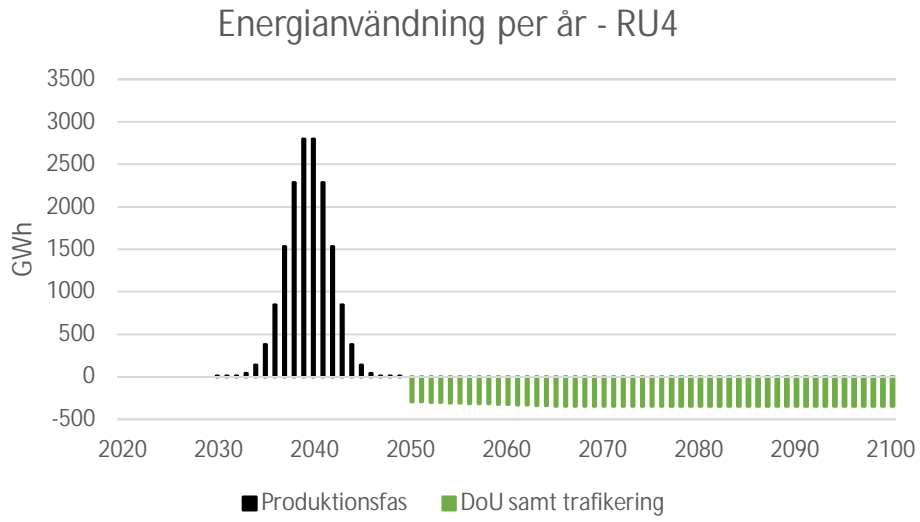
Figur 16 Sammantagen energianvändning för nya stambanor - RU1.



Figur 17 Sammantagen energianvändning för nya stambanor – RU2.



Figur 18. Sammantagen energianvändning för nya stambanor – RU3.



Figur 19 Sammantagen energianvändning för nya stambanor – RU4.



## 10      Känslighetsanalys – Större överflyttning från flyg

I en rapport om höghastighetstågets påverkan på flyg diskuteras att modellsystemet Sampers har svagheter när det gäller att prognostisera flygresor<sup>13</sup>. Bland annat nämns att modellen eventuellt underskattar antalet resenärer som byter färdmedel från flyg till tåg vid utbyggnad av höghastighetsjärnväg. Några brister som identifierats är:

- I modellsystemet ingår enbart tillkommande inrikes resor för nationella resor, vilket innebär att till exempel antal flygresor mellan Stockholm och Köpenhamn är samma även om tågrestdiden minskar från 5 till 3 timmar. Det innebär också att antalet tågresor mellan Stockholm och Köpenhamn är samma med och utan nya stambanor.
- Överflyttningen mellan flyg och tåg är eventuellt för små. Orsaken är att flygutbudet (det vill säga flygrutter och antalet avgångar) är oförändrade i ett scenario med höghastighetståg, samt att överflyttningen mellan olika färdmedel eventuellt är för låg.

Internationella erfarenheter har visat att det kan finnas fog för att anta en högre marknadsandel för tåg relativt med flyg än vad Sampers prognosticerar. Huruvida dessa internationella erfarenheter är applicerbara på svenska förhållanden och nya stambanor är i dagsläget svårt att säga. Mot denna bakgrund har separata beräkningar gjorts för att se hur en större överflyttning från flyg till tåg, som ligger i linje med internationella erfarenheter, påverkar utsläppen av växthusgaser. Känslighetsanalyserna avser endast överflyttning till tåg på de nya höghastighetsbanorna från flygresor mellan ändpunkterna Stockholm, Göteborg, Skåne och Köpenhamn.

---

<sup>13</sup> "Effekt av Höghastighetståg på flyg -Ett kunskapsunderlag", september 2016

## 10.1. Beräkningsmetod känslighetsanalys

Internationella erfarenheter<sup>14</sup> visar starka samband för marknadsandelar mellan tåg och flyg beroende på tågets restid. I en given relation uppgår tågets marknadsandelar normalt till cirka 50% om det tar kring 3:30 att resa med tåg. Vid en restid kring 2:30 har tåget cirka 75 % marknadsandel och om restiden är kring två timmar är tågets marknadsandel cirka 90–100%.

Vid en restid på ca tre timmar är det normalt skarp konkurrens mellan tåg och flyg. Då kan andra faktorer som punktlighet, turutbud och bra konkurrens mellan flera operatörer ha stor inverkan på marknadsandelen för tåget.

Inom regeringsuppdraget har en analys av marknad och överflyttningar genomförts<sup>14</sup> för nya stambanor. Analysen resulterade i alternativa beräkningar av marknadsandelar mellan tåg och flyg som ett komplement till de marknadsandelar som beräknas i Sampers. I känslighetsanalysen har denna typ av alternativa marknadsandelarna för personresor använts för beräkning av förändrat växthusgasutsläpp och energianvändning vid större överflyttning flyg.

Totala resandet mellan Stockholm-Göteborg samt Stockholm-Malmö har plockats ut från Sampers. I känslighetsanalysen har nya effekter till följd av överflyttning beräknats baserat på de nya marknadsandelarna med utbyggd nya stambanor. Den totala mängden resor mellan destinationerna påverkas således inte utan skillnaden i växthusgasutsläpp och energiberäkning har beräknats utifrån de högre marknadsandelarna då nya stambanor byggs. Marknadsandelar och antalet resor i Nollscenariot är enligt resultat från Sampers. I utredningsalternativen har tåget antagits ha en marknadsandel på cirka 90% mellan Stockholm-Göteborg, cirka 80 % mellan Stockholm-Malmö och cirka 60 % mellan Stockholm-Köpenhamn. Detta baseras på en sammanvägd bedömning från ett antal underlagsrapporter inom regeringsuppdraget. I Sampers finns det ej flyglinjer som går till/från Köpenhamn. Underlag för resande med flyg respektive tåg på sträckan Stockholm-Köpenhamn har därför hämtats från tidigare arbete, se Tabell 10<sup>15</sup>.

Tabell 10. Antal resor mellan Stockholm-Köpenhamn.

Antal resor per år Stockholm-Köpenhamn	Nollalternativ	Med nya stambanor - huvudanalys
Tåg	206 000	521 000
Flyg	618 000	426 000

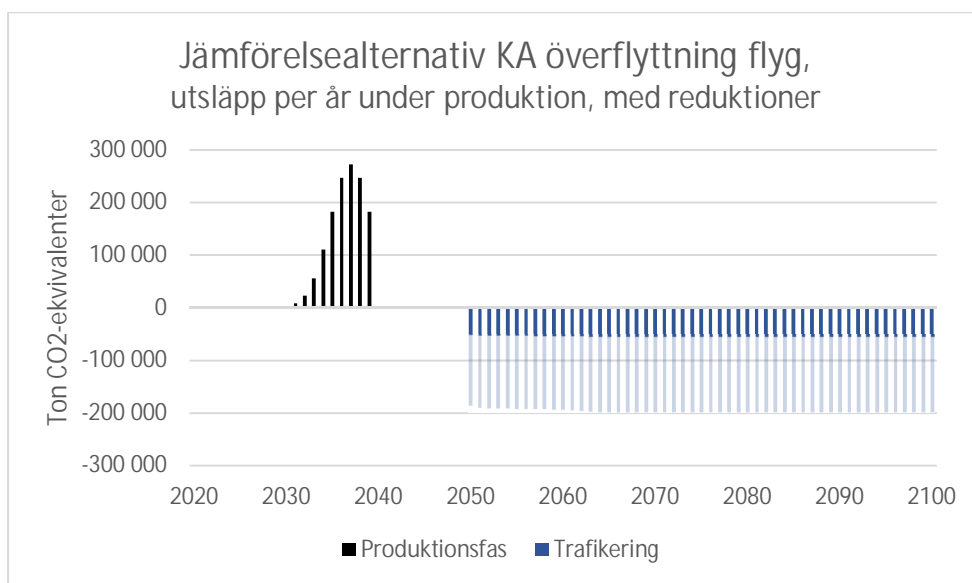
De ansatta marknadsandelarna i känslighetsanalysen resulterar i att överflyttningen från flyg till följd av nya stambanorna blir cirka tre gånger större än i huvudanalysen. Det är dock viktigt att poängtera att det finns stora osäkerheter i resultaten av känslighetsanalysen baserat på de antaganden som gjorts i beräkningarna.

<sup>14</sup> Underlagsrapport Nya Stambanor, Marknadsanalys och möjliga överflyttningar från flyg och bil. Trafikverket (2021-02-15)

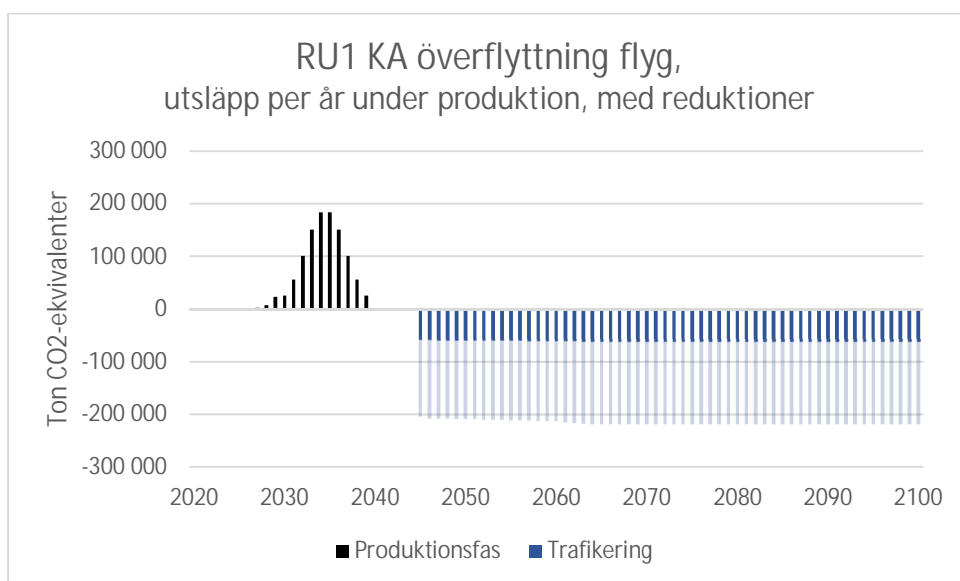
<sup>15</sup> Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg, Sträckorna Järna-Göteborg och Jönköping-Lund, Trafikverket 2017:162

## 10.2. Resultat känslighetsanalys växthusgasutsläpp

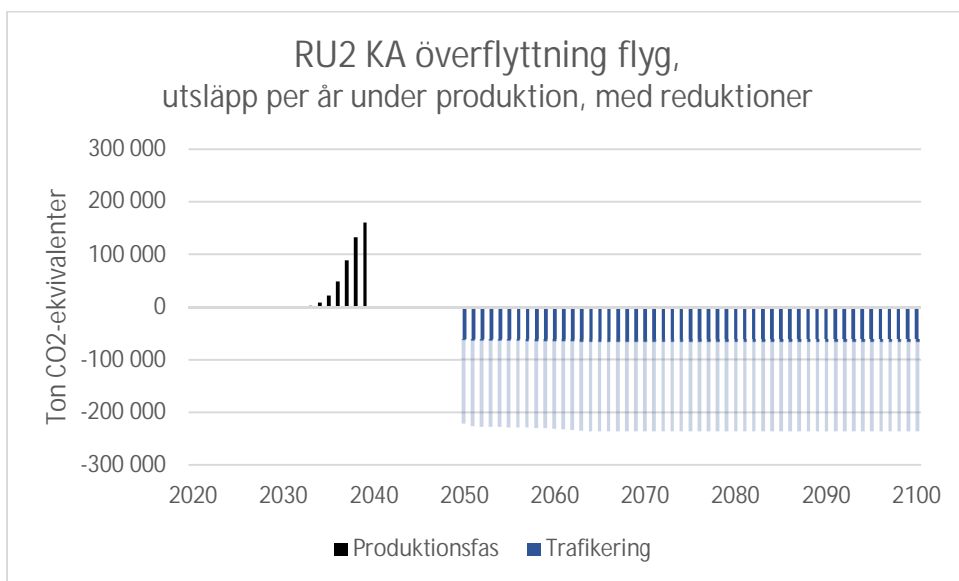
Nedan presenteras resultaten från känslighetsanalysen med större överflyttning från flyg med avseende på växthusgaser. Med överflyttning enligt antagna marknadsandelar bedöms reduktionen av växthusgasutsläpp bli totalt runt tre gånger större jämfört med överflyttningen som beräknats i Sampers. Det är dock viktigt att poängtera att det finns stora osäkerheter i resultaten av känslighetsanalysen baserat på de antaganden som gjorts i beräkningarna. Det är också möjligt att utsläppsmängderna överskattas något då det finns osäkerheter i klimatpåverkan till följd av hög höjd för inrikes flyg. De mörka delarna av staplarna representerar beräknad förändring i växthusgasutsläpp till följd av höghöjdsfaktorn med ökad överflyttning. De ljusa delarna av staplarna illustrerar hur utsläppsminskningen för högre överflyttning till flyg ser ut med dagens utsläppsnivåer vid bränsleförbränning.



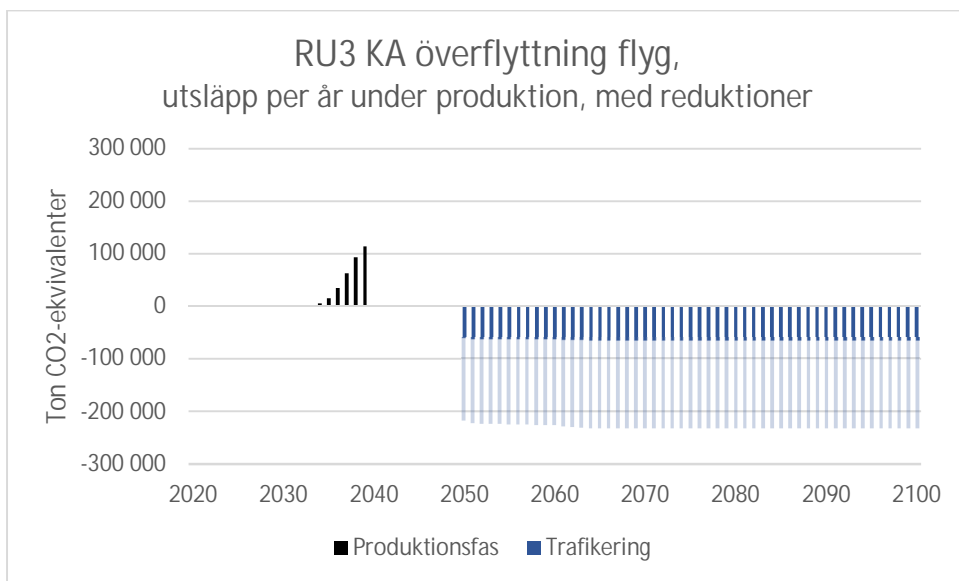
Figur 20 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för JA med större överflyttning från flyg.



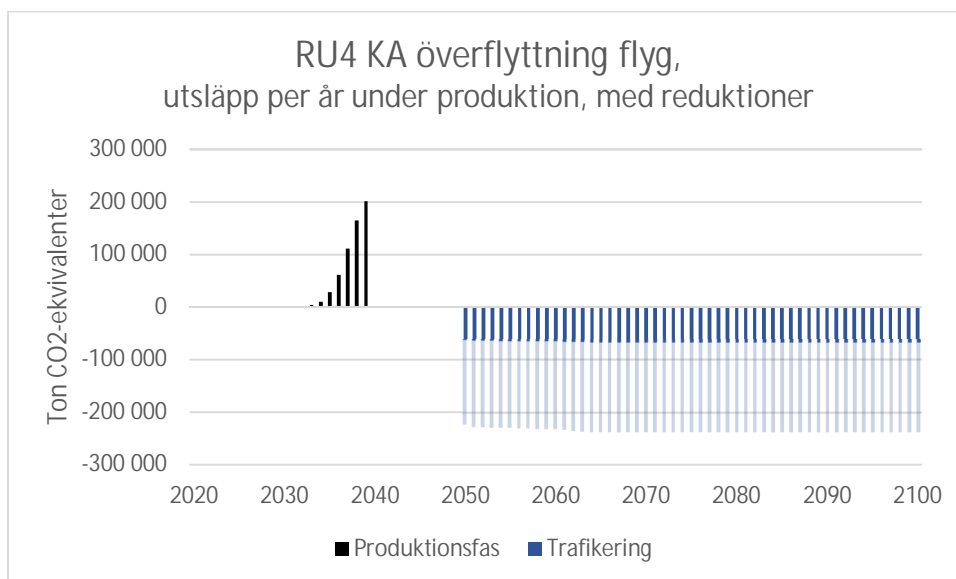
Figur 21 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för RU1 med större överflyttning från flyg.



Figur 22 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för RU2 med större överflyttning från flyg.



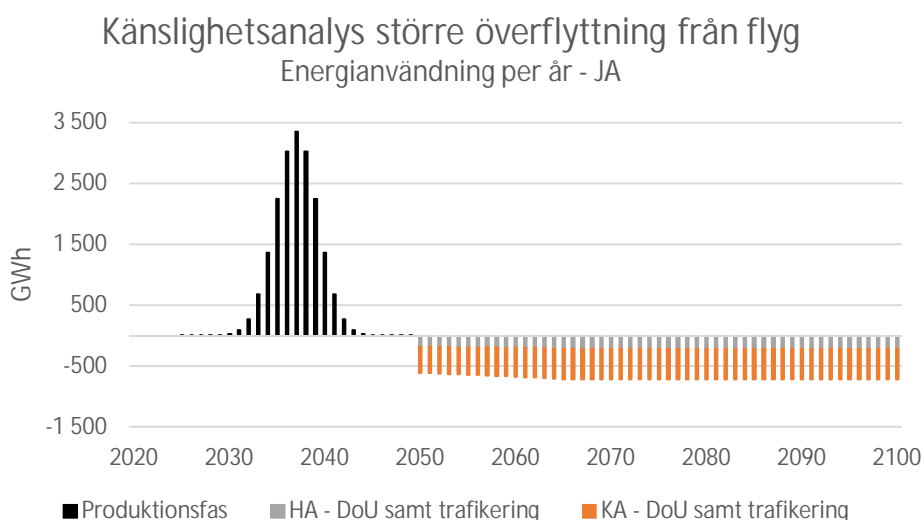
Figur 23 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för RU3 med större överflyttning från flyg.



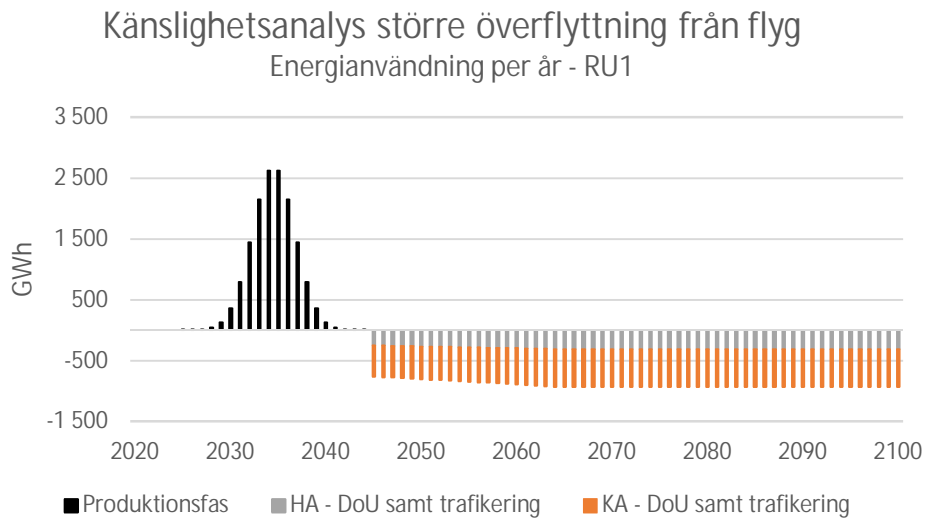
Figur 24 Resultat för sammantaget växthusgasutsläpp för RU4 med större överflyttning från flyg.

### 10.3. Resultat känslighetsanalys energianvändning

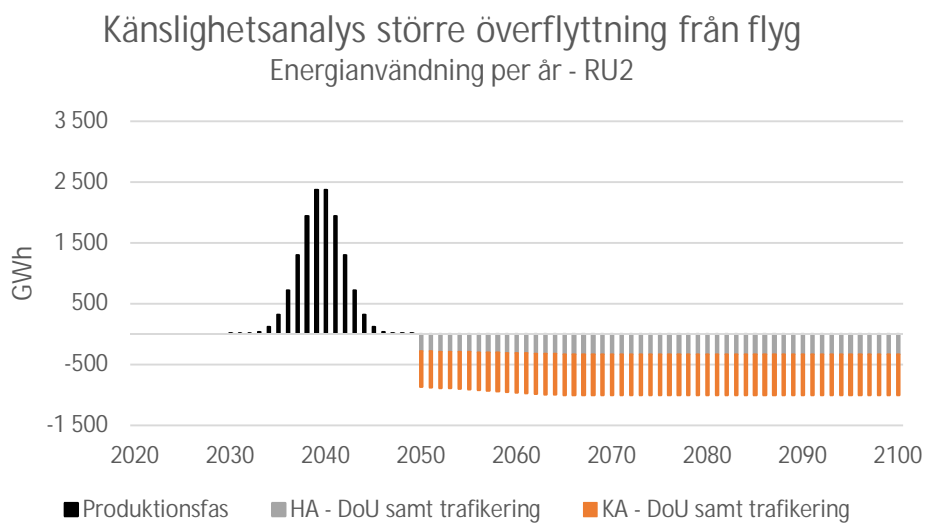
Nedan presenteras resultaten från känslighetsanalysen med avseende på energi. Förändringen i energianvändning presenteras uppdelat på den förändring som beräknats i huvudanalysen (HA) samt den förändring som tillkommer i känslighetsanalysen med större överflyttning till flyg (KA). Med överflyttning enligt antagna marknadsandelar bedöms ökningen av flygets minskade energianvändning bli cirka tre gånger större än i huvudanalysen. Den ökade energianvändningen från tåg blir cirka 40 procent högre i känslighetsanalysen än i huvudanalysen. Sammanfattningsvis leder en större överflyttning till flyg till större minskning av energianvändning under driftsfas. I övrigt är skillnaderna mellan de olika alternativa utformningsalternativen jämförbara med huvudanalysen.



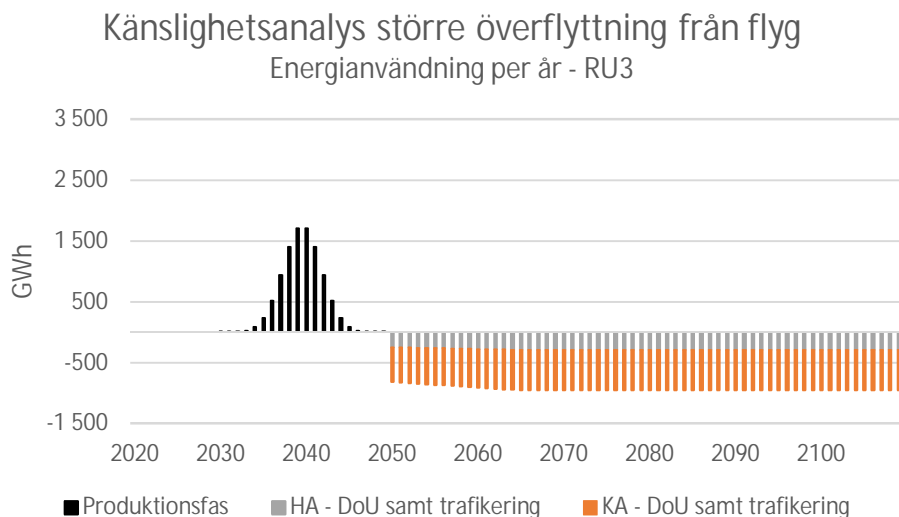
Figur 25 Resultat för sammantagen energianvändning för JA med större överflyttning till flyg.



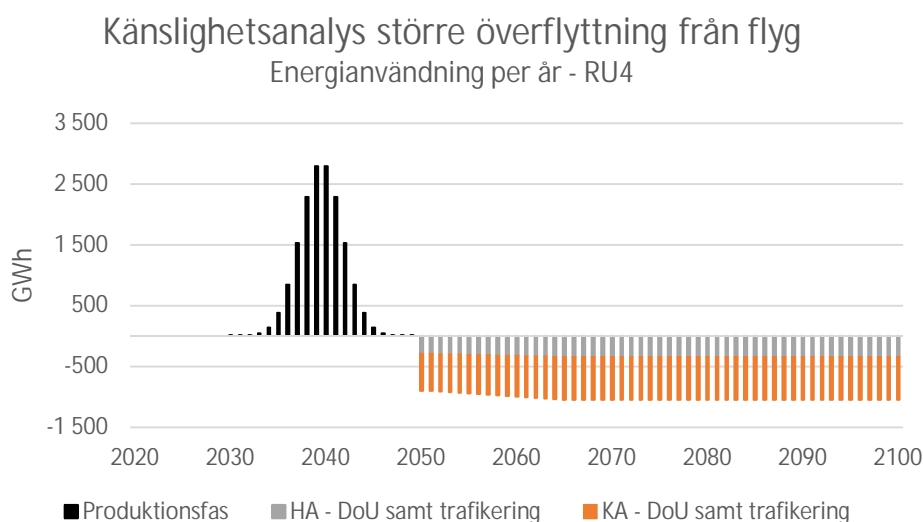
Figur 26. Resultat för sammantagen energianvändning för RU1 med större överflyttning till flyg.



Figur 27. Resultat för sammantagen energianvändning för RU2 med större överflyttning till flyg.

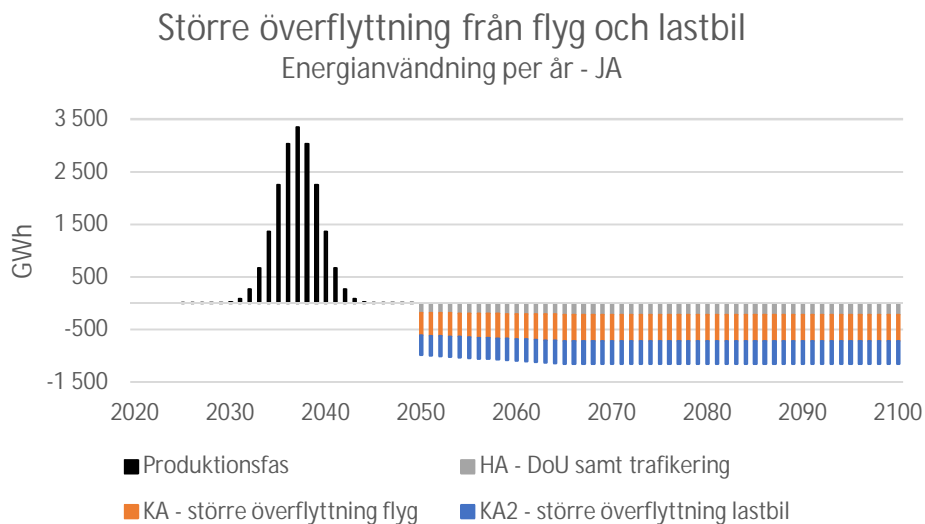


Figur 28. Resultat för sammantagen energianvändning för RU3 med större överflyttning till flyg.

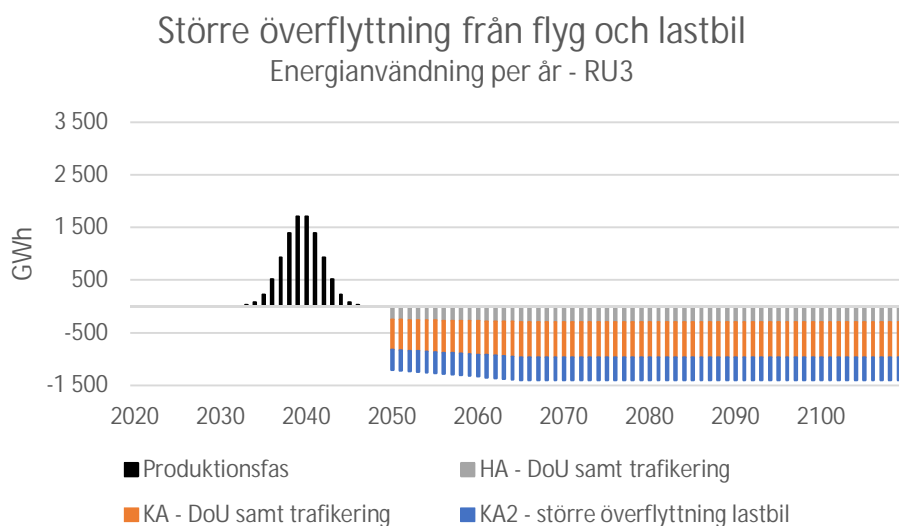


Figur 29 Resultat för sammantagen energianvändning för RU4 med större överflyttning till flyg.

Som ett komplement till känslighetsanalys med större överflyttning till flyg har även en känslighetsanalys med större överflyttning till lastbil gjorts (KA2). I den föregående modellversionen av Samgods var det större skillnad i transportkostnad för att transportera gods på lastbil jämfört med godståg än i nuvarande modellversion av Samgods där klimatmålen nås och det är en omfattande elektrifiering av vägtrafiken. Därför blev det större överflyttningseffekter av gods från lastbil till järnväg till följd av nya stambanor i modellanalyser med föregående modellversion än nuvarande modellversion. I KA2 har överflyttning från lastbil antagits varit på samma nivå som enligt resultat från föregående modellversion av Samgods. I Figur 30 och Figur 31 redovisas resultat för känslighetsanalys med större överflyttning till flyg och lastbil.



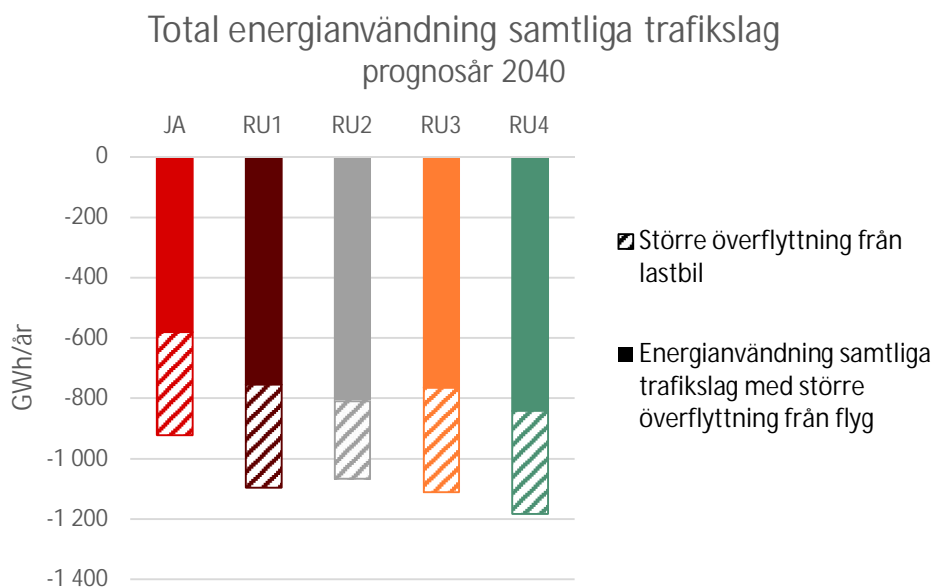
Figur 30. Resultat för sammantagen energianvändning för JA med större överflyttning från flyg och lastbil.



Figur 31. Resultat för sammantagen energianvändning för RU3 med större överflyttning från flyg och lastbil.

I Figur 32 sammanfattas resultat med avseende på förändrad energianvändning till följd av de trafikala effekterna för respektive utredningsalternativ i känslighetsanalysen. Staplarna i figuren motsvarar årlig nettoförändring av energianvändning från transporter med samtliga trafikslag till följd av utbyggnad av nya stambanor då det antagits större överflyttning från flyg till järnväg enligt känslighetsanalys (halfärgade staplar). Dessutom redovisas ännu större energivinster till följd av större överflyttning från lastbil till järnväg enligt resultat från föregående modellversion av Samgods (streckade staplar). Figuren redovisar endast effekter från trafikering, hänsyn har ej tagits till att de olika utredningsalternativen innebär olika energianvändning under produktionsfas.





Figur 32. Känslighetsanalys energianvändning<sup>16</sup> för samtliga trafikslag med större överflyttning från flyg och lastbil.

## 11 Sammanfattning och slutsatser

Det har tidigare gjorts liknande beräkningar för en sammantagen bild om hur nya stambanor bidrar till växthusgasutsläpp under byggskede och i drift. Då beräkningsförutsättningarna bland annat vad gäller version av Klimatkalkyl och basprognos samt beräkning av reduktion skiljer sig är det svårt att jämföra resultaten i denna utredning mot tidigare resultat.

Anläggandet av nya stambanor är förenat med stora utsläppsmängder under byggskedet. Grundförstärkning, broar, tunnlar och banöverbyggnad är de största utsläppsposterna. Mängden utsläpp i dessa poster varierar mellan alternativen beroende på den geografiska linjedragningen av nya stambanor.

Reduktionskraven kopplat till anläggandet av nya stambanor kan enligt antaganden och beräkningar i denna rapport reducera utsläppsmängderna under byggtid med 80–90%. Detta är dock förutsatt att nya stambanor byggs ut som en helhet och inte delas upp på deletapper och utsläppen under produktionstiden är normalfördelade. I beräkningarna förutsätts att samtliga krav på reduktion uppnås men enligt den analys som gjorts av WSP visar att det med dagens prognos inte är möjligt att nå målet om en 80% reduktion av utsläpp för nya stambanor 2035. Analysen visar även på att det inte heller är möjligt att nå Trafikverkets mål om klimatneutral anläggning 2045 och att definitionen av klimatneutralitet behöver fastställas. För att nå 80% reduktion av växthusgasutsläpp, eller mer, krävs mer eller mindre transformativa åtgärder som innebär stora omställningar av tillverkningsprocesser samt en övergång till biobränslen och elektrifiering av tunga transporter och arbetsmaskiner. Omställningen av industrin och maskinbranschen bedöms enligt analysen vara möjlig men att det viktigt att det finns tydliga krav och en tydlig bild av efterfrågan för att få aktörer att satsa på investering för omställning. I det fall omställning av

<sup>16</sup> Endast effekter från trafikering, hänsyn har ej tagits till att de olika utredningsalternativen innebär olika energianvändning under produktionsfas.

industri och maskinbransch inte sker på annat sätt bedöms investeringskostnaden för nya stambanor bli 2,5–7% högre.

I förändringar i växthusgasutsläpp till följd av överflyttning antas i enlighet med gällande basprognos målet om fossilfritt transportsystem 2045 uppnås. Följaktligen genererar exempelvis överflyttning från resor med bil till nya stambanor inga förändringar av utsläpp i transportsystemet som helhet. I figurer för sammantagen klimatpåverkan i denna rapport redovisas så väl direkta utsläpp från flyg förbränning av flygbränsle samt utsläpp till följd av höghöjdsffekten. I ett scenario där klimatmålen är nådda är det rimligt att tro att flygets direkta utsläpp ej finns kvar. För inrikes flyg är det möjligt att utsläppsmängderna till följd av höghöjdsfaktorn överskattas något då kortare inrikes flygningar inte kommer upp till, eller tillbringar en liten andel av flygtiden på tillräckligt hög höjd. Samtidigt finns det incitament till att tro att överflyttningen från flyg till tåg underskattas i Sampers. Dock kommer det ur ett energiperspektiv alltid att vara bättre att resa med tåg än flyg.

Det finns stora osäkerheter kopplade till resultaten för klimat och energi för nya stambanor. I klimatkalkylernas resultat uppskattas en osäkerhet på 16,5% kopplat till mängdunderlaget. De största osäkerheterna i resultaten bedöms dock kopplas till förutsättningarna om att klimatmålen uppnås vilket påverkar reduktionspotentialen samt förändring av utsläpp och energianvändning till följd av överflyttning i trafikprognoserna.

Andra exempel på osäkerheter i prognosresultaten är att trafikmodellerna sannolikt underskattar antalet resenärer som väljer att flytta över från flyg till järnväg. Beräkningarna för känslighetsanalysen visar att en större överflyttning från flyg till järnväg ger ungefär tre gånger så stora effekter på höghastighetsjärnvägens klimatnytta. Det finns dock stora osäkerheter kopplat till beräkningsantaganden i känslighetsanalysen.

Analyserna visar att det som har störst inverkan på den sammantagna klimat- och energipåverkan varierar mellan olika alternativ för nya stambanor är utformning av infrastruktur. I jämförelse med klimatpåverkan och energianvändning kopplat till infrastruktur är det relativt liten skillnad i energianvändning och klimatpåverkan från trafiken mellan de olika alternativen. Sett till energianvändning och klimatpåverkan från infrastrukturen är det mycket större skillnader mellan de olika utformningsalternativen. Utifrån de beräkningsantaganden som gjorts i denna analys är alltså de linjedragningar, val av banöverbyggnad, stationsbyggnader och övrigt som är kopplat till infrastrukturen det som visar störst skillnad i total energianvändning och klimatpåverkan mellan de olika utformningsalternativen. Detta innebär dock inte att effekterna från trafikförändringar ej har någon effekt.

# PM REDUKTIONSPOTENTIAL OCH KOSTNADSBEDÖMNING AV KLIMATÅTGÄRDER

## NYA STAMBANOR

2021-02-05



# PM REDUKTIONSPOTENTIAL OCH KOSTNADSBEDÖMNING AV KLIMATÅTGÄRDER

Nya stambanor

KUND

**Trafikverket**

KONSULT

**WSP Environmental Sverige**

WSP Sverige AB  
121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7  
Tel: +46 10 7225000

**wsp.com**

KONTAKTPERSONER

UPPDRAGSNAMN  
NGJ -Reduktionspotential och  
kostnadsbedömning av åtgärder

UPPDRAGSNUMMER  
10306753

FÖRFATTARE  
Susanne Jung och Stefan  
Uppenberg

DATUM  
2021-02-05

ÄNDRINGSDATUM

Susanne Jung  
Stefan Uppenberg

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>4</b>
1.1	BAKGRUND OCH SYFTE	4
1.2	TIDIGARE UTREDNINGAR	5
1.3	METOD OCH ANALYSER	5
<b>2</b>	<b>ANALYS AV REDUKTIONSPOTENTIAL</b>	<b>7</b>
2.1	ANLÄGGNINGENS KLIMATPÅVERKAN	7
2.1.1	Osäkerheter i klimatkalkylberäkningen	9
2.2	ÅTGÄRDER FÖR REDUKTION AV UTSLÄPP	10
2.2.1	Antaganden	15
2.3	REDUKTIONSPOTENTIAL	15
2.3.1	Osäkerheter	19
<b>3</b>	<b>KOSTNADSBEDÖMNING OCH HINDER FÖR IMPLEMENTERING AV ÅTGÄRDER</b>	<b>20</b>
3.1	KOSTNADSBEDÖMNING	20
3.2	HINDERSANALYS	22
3.2.1	Hinder	22
3.2.2	Lösningar	25
<b>4</b>	<b>SAMLAD BEDÖMNING</b>	<b>27</b>

**BILAGA 1** – KLIMATKALKYL FÖR NYA STAMBANOR

**BILAGA 2** – ÅTGÄRDSANALYS: ANVÄNDA EMISSIONSFAKTORER OCH RESULTAT

# 1 INLEDNING

## 1.1 BAKGRUND OCH SYFTE

Trafikverket ställer krav på att minska infrastrukturens klimatpåverkan. Detta görs genom kravställning av leverantörer i investerings- och underhållsprojekt att minska infrastrukturens klimatpåverkan. Kraven gäller klimatpåverkan vid byggnation, de material som används och framtida underhåll. Klimatkraven omfattar reduktion av klimatpåverkan i investeringsprojekt på över 50 miljoner där entreprenaden planeras att avslutas 2020 eller senare. Det långsiktiga målet är att infrastrukturen ska vara klimatneutral senast 2045. Detta görs genom att succesivt införa upphandlingskrav på konsulter, entreprenörer och leverantörer av järnvägsspecifikt material.

Trafikverket har en rad delmål för reduktion jämfört med 2015 för att möjliggöra en stegvis omställning:

- 2030 – minst 50% reduktion av klimatpåverkan med bonus för upp till 100% reduktion av klimatpåverkan i projekt och järnvägsmateriel. Fossilfria drivmedel eller eldrift i alla entreprenader.
- 2025 – minst 30% reduktion av klimatpåverkan med bonus för upp till halverad klimatpåverkan i projekt och järnvägsmateriel.
- 2020 – minst 15% reduktion av klimatpåverkan med bonus för reduktioner upp till 30% i projekt och järnvägsmateriel.

I samband med planeringen av Nya stambanor har ytterligare delmål satts upp som avser 80% reduktion till 2035.

I denna studie analyseras åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser från anläggandet av Nya stambanor med 80% respektive 100% jämfört med utgångsläget 2015, inklusive deras påverkan på totalkostnaden. Åtgärderna som beaktas rör byggskede inklusive projektering. Vidare analyseras när i tiden åtgärderna kan implementeras och i vilken utsträckning. Analysen utgör ett underlag för Trafikverket att bedöma vilka insatser och ekonomiska medel som behövs för att kunna nå uppsatta klimatmål inom Nya stambanor, däribland slutmålet om en klimatneutral infrastruktur till 2045 samt Nya stambanors delmål om 80% reduktion av klimatpåverkan till 2035. Utredningen syftar också till att kartlägga hinder och möjliga lösningar för implementering av redan befintliga åtgärder och åtgärder som kan implementeras på sikt.

Denna utredning är en uppdatering av de åtgärdsförslag och bedömning av reduktionspotential som togs fram under 2017 där möjlighet till utsläppsminskningar på 30% respektive 50% analyserades<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Trafikverket, 2017:162 Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg, Sträckorna Järna-Göteborg och Jönköping-Lund

## 1.2 TIDIGARE UTREDNINGAR

I en tidigare studie från 2017<sup>2</sup> undersöktes möjligheten till utsläppsminskningar på 30% respektive 50% inom Nya stambanor. Resultatet från studien visade att det går att åstadkomma 30% reduktion av utsläpp av växthusgaser enbart med hjälp av åtgärder vidtagna under detaljprojekterings- och byggskedet samt utifrån dagens bästa tillgängliga teknik. De åtgärder som analyserades var cementklinkerersättning på högsta tillåtna nivå, produktval av nordisk armering, optimering av byggnadsverk, teknikval för banöverbyggnad (ballasterade spår istället för ballastfria), produktval av rälstål och användning av 80% förnybart drivmedel.

I studien bedömdes detta också vara genomförbart utan att göra stora kostnadspåslag. För att nå målnivån 50% reduktion av utsläpp av växthusgaser bedömdes att dock ytterligare åtgärder behövde vidtas. Exempelvis åtgärder som görs i planeringsskedet för att effektivisera masshantering, vid val av bro- och tunnellängder, teknikval m.m.

Resultat från utredningen från 2017 stämmer relativt väl överens med en studie som gjorts för Väg 44 som visade att genom användning av dagens bästa tillgängliga teknik kan en utsläppsminskning på upp till 50% uppnås.<sup>3</sup> Denna studie har allt sedan dess utvecklats till en fullskalig "roadmap" för transportinfrastruktur.

## 1.3 METOD OCH ANALYSER

Som utgångsläge för analyserna har en klimatkalkyl upprättats baserat på mängdunderlag för hela program Nya stambanor (daterat 200903), jämförelsealternativet (ÖSU3.0). Klimatkalkylen upprättades genom Trafikverkets Klimatkalkylverktyg version 7, ingång C. Mängdunderlaget har vid otydligheter stämts av med Trafikverkets teknik- och klimatkalkylexperters samt projektörer på WSP.

Klimatkalkyl är Trafikverkets modell för att beräkna den energianvändning och klimatbelastning som transportinfrastrukturen ger upphov till ur ett livscykelperspektiv. Modellen är baserad på metodik för livscykelanalys (LCA)<sup>4</sup> och använder emissionsfaktorer tillsammans med resursschabloner och projektspecifika indata för att beräkna energianvändning och emissioner av koldioxidkvalenter (dvs. klimatbelastning) från ett objekt eller en åtgärd. Emissionsfaktorerna som används i Klimatkalkyl är beslutade av Trafikverket som effektsamband. Modellen beräknar energianvändning och emissioner som orsakas av användningen av resurser, såväl vid byggande och underhåll som vid framställning av material. Detta innebär att utvinning, transport och förädling av råvaror, byggandet av anläggningen samt det

---

<sup>2</sup> Trafikverket, 2017:162 Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg, Sträckorna Järna-Göteborg och Jönköping-Lund

<sup>3</sup> Karlsson, I., Rootzén, J., Johnsson, F., 2019, Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains – Analysis of a Swedish road construction project, Chalmers

<sup>4</sup> ISO 14040, 2006. Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework, International Organisation for Standardization, Geneva



framtida underhållet är medräknat i resultaten. Även utsläpp till följd av avskogning ingår.

Utifrån klimatkalkylens resultat har fokusområden för åtgärder identifierats baserat på vilka poster som bidrar till störst klimatbelastning. De åtgärder för reduktion av utsläpp av växthusgaser som analyseras i denna utredning utgår från den kartläggning av reduktionspotentialer för bygg- och anläggningssektorns utsläpp som gjorts inom ramen för forskningsprogrammet Mistra Carbon Exit (MCE). Som nämnts tidigare gjordes där en analys av hur utsläppen från ett vägprojekt (Väg 44)<sup>5</sup> kan minskas över tid fram till 2045 och hur nära klimatneutralitet man kan komma förutsatt att transformativa åtgärder för utsläppsminskning sker i bland annat stål-, cement- och asfaltsindustrin. Den analysen har sedan inom forskningsprogrammet utvecklats till en mer komplett "roadmap" för bygg- och anläggningssektorns möjliga väg mot klimatneutralitet - *Technical roadmap building and transport infrastructure*<sup>6</sup>.

Med hjälp av underlag från de åtgärder och scenarion för dessa som beskrivs för vägvalet *Electrification and ME pathway* (elektrifiering och materialeffektivisering) i *Technical roadmap building and transport infrastructure* har reduktionsscenario upprättats för Nya stambanor för år 2025, 2030, 2035, 2040 och 2045. För betong- och cementprodukter har vägvalet för *Biofuel, CCS and ME pathway* (biobränsle, CCS och materialeffektivisering) använts för åren 2025 och 2030 på grund av hur läget ser ut i den svenska betong- och cementbranschen för tillfället<sup>7</sup>.

För att analysera reduktionspotentialen för Nya stambanor har körningar av olika scenarion gjorts i klimatkalkylverktyget, utgående från det utgångsläge som tagits fram, genom att ändra i de generiska emissionsfaktorerna i enlighet med scenarion ovan. Använda emissionsfaktorer redovisas i Bilaga 2.

Utifrån föreslagna åtgärder har generella kostnadseffekter analyserats per materialpost utifrån underlag från MCEs roadmap kompletterat med underlag från intervjuer inom WSP-uppdrag åt Naturvårdsverket om klimatneutral betong<sup>8</sup>. För att beskriva åtgärdernas påverkan på totalkostnaden för ett projekt liknande Nya stambanor anordnades en workshop med utvalda experter från Trafikverket och WSP för att bedöma kostnaderna av de åtgärder som analyseras.

En övergripande hinderanalys har gjorts baserat på underlag från Mistra Carbon Exit<sup>9</sup>, som i sin tur är baserad på utredningar framtagna åt

---

<sup>5</sup> Karlsson, I., Rootzén, J., Johnsson, F., 2019, Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains – Analysis of a Swedish road construction project, Chalmers

<sup>6</sup> Karlsson, I., Toktarova, A., Rootzén, J., Odenberger, M., 2020, Technical Roadmap – Buildings and transport infrastructure, Mistra Carbon [https://static1.squarespace.com/static/59497bb66b8f5bd183c75745/t/5ec38f7b391cb70d018660de/1589874574652/MistraCarbonExit\\_Roadmap\\_Buildings+and+transport+infrastructure\\_v4.pdf](https://static1.squarespace.com/static/59497bb66b8f5bd183c75745/t/5ec38f7b391cb70d018660de/1589874574652/MistraCarbonExit_Roadmap_Buildings+and+transport+infrastructure_v4.pdf)

<sup>7</sup> Personlig kommunikation: Ida Karlsson, Chalmers, 2020-12-02

<sup>8</sup> Pädäm, S., Balian, D., Uppenberg, S., Wadström, E., 2020, Klimatneutral betong – hinder och möjligheter, Naturvårdsverket

<sup>9</sup> Eriksson, M., Uppenberg, S., 2020, Barriers to carbon abatement in the construction sector, Mistra Carbon Exit, utkast



Trafikverket, artiklar inom Mistra Carbon Exit, erfarenheter från specifika infrastrukturprojekt och intervjuer.

Resultatet av hindersanalysen presenterades för teknikerspecialister på Trafikverket genom en workshop där hinder och förslag på lösningar diskuterades.

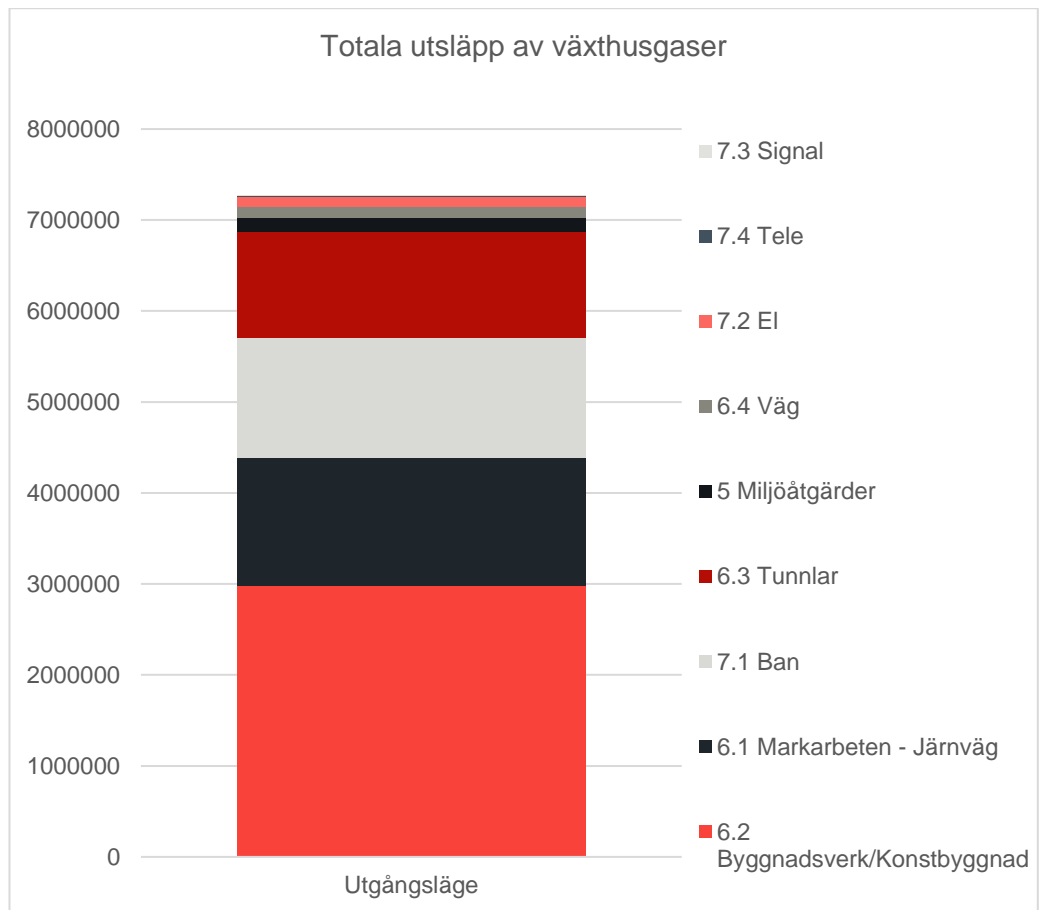
## 2 ANALYS AV REDUKTIONSPOTENTIAL

### 2.1 ANLÄGGNINGENS KLIMATPÅVERKAN

Genom Trafikverkets klimatkalkylverktyg version 7 har klimatpåverkan från anläggandet av Nya stambanor, jämförelsealternativet, beräknats. Antaganden och omfattning av klimatberäkningarna beskrivs i Bilaga 1.

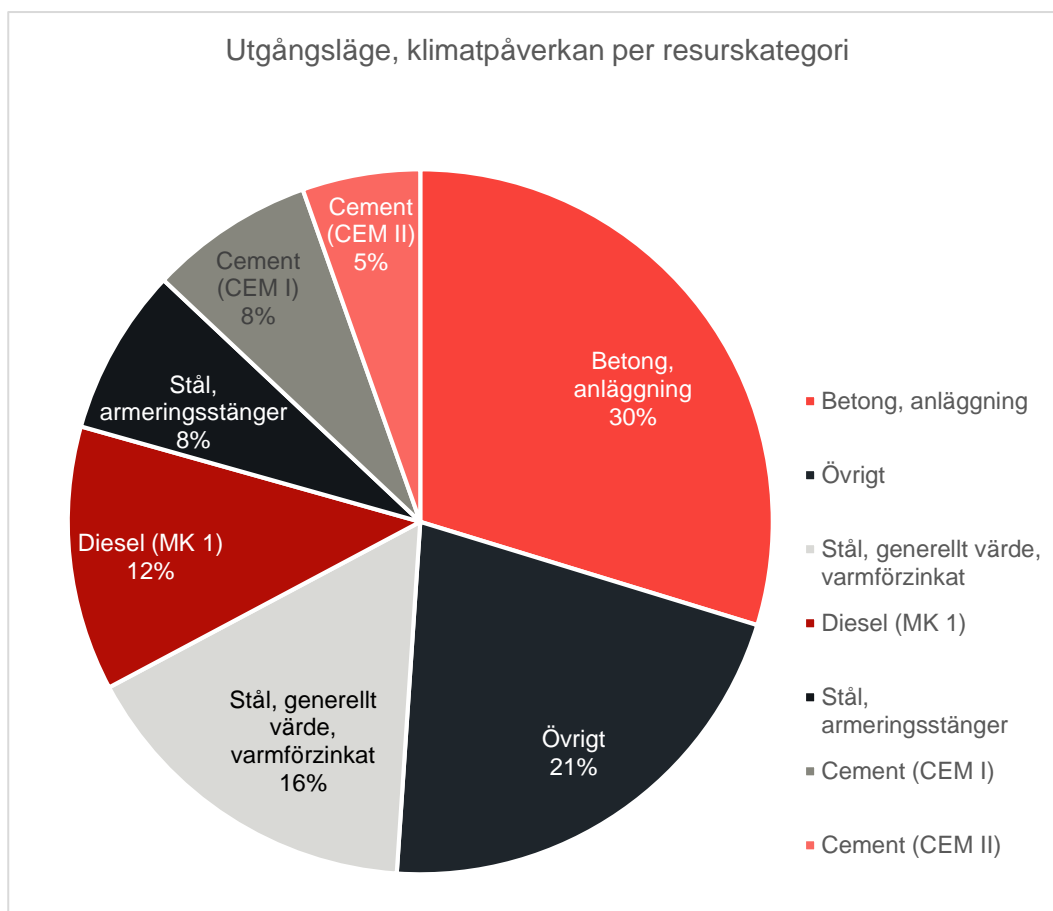
De totala utsläppen av växthusgaser, fördelat per kalkylblock, har beräknats att uppgå till cirka 7,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter, se Figur 1. Klimatbelastningen per kilometer blir då genomsnittligen 10 500 ton koldioxidekvivalenter/km.

Drygt 40% av klimatpåverkan kommer från *Byggnadsverk*, så som broar. *Markarbeten – järnväg* står för cirka 20% av utsläppen, vilket till stor del utgörs av bränsle från geotekniska förstärkningsåtgärder (K/C-pelare), arbetsmaskiner och masstransporter. Bana, där bland annat räls, sliprar, spårplattor och spårballast ingår, står för närmare 20 % av växthusgasutsläppen. Utsläpp kopplade till *Tunnlar* står för ytterligare 15 % av klimatpåverkan, vilket kommer från bl.a. betong för betongtunnlar och sprutbetong, bergschaktarbeten inklusive sprängämnen, och bergförstärkning. Miljöåtgärder, som står för ca 2 % av utsläppen, innefattar bullerskärmar i denna beräkning.



Figur 1. Totala utsläpp av växthusgaser (ton koldioxidkvalenter) fördelat per kalkylblock för anläggandet av Nya stambanor.

Som komplement till Figur 1 redovisas den totala klimatpåverkan också fördelat över ingående resurser/material. De materialslag eller den resurskategori som bidrar med högst klimatpåverkan vid anläggandet av Nya stambanor ses i Figur 2. Närmare en tredjedel av utsläppen kommer från anläggningsbetong. Tillsammans med armeringsstål utgör armerad betong nära 40% av växthusgasutsläppen från Nya stambanor. Näst störst påverkan kommer från posten *Övrigt* som här innehåller exempelvis sprängämne, konstruktionsstål, övriga metaller, asfalt, plast, sliprar, krossmaterial och avskogning. *Övrigt* bidrar till en femtedel av växthusgasutsläppen. Posten *Stål, varmförzinkat* representerar huvudsakligen rälsstål och bidrar till cirka 16 % av klimatpåverkan. Dieselanvändning från transporter, maskiner och anläggningsprocessen liksom cement står för cirka 12% vardera.



Figur 2. Fördelning av klimatpåverkan per resurskategori för Nya stambanor. CEMI och CEMII är olika typer av cement, där CEMI består av ren portlandcement medan CEMII innehåller minst 65% portlandklinker.

### 2.1.1 Osäkerheter i klimatkalkylberäkningen

De resursschabloner som används i modellverktyget Klimatkalkyl har tagits fram för att möjliggöra bedömningar i de fall man inte har någon kännedom om faktiska mängder, och bygger på tidigare genomförda projekt. Stora variationer mellan projekt kan förekomma beroende på förutsättningar i omgivningarna. Ytterligare osäkerheter i den totala klimatpåverkan från anläggandet av Nya stambanor beror på begränsningar i klimatkalkylverktyget, där vissa komponenter och anläggningsdelar inte inkluderas, till exempel installationer. Orsaken till det är att dessa delar bedöms stå för ett litet bidrag till klimatgasutsläppen sett till helheten<sup>10</sup>. De delar som inte ingår antas kunna bidra med ytterligare ca 5 % av klimatgasutsläppen. Med hänsyn till detta är det troligt att utgångsläget för klimatgasutsläpp från byggande av Nya stambanor hamnar på omkring 7,7 miljoner ton koldioxidkvalenter.

De effektsamband som används i modellverktyget kan ha stor betydelse för resultatet, främst emissionsfaktorerna för betong, stål och diesel. För stål finns osäkerheter som beror på variationer gällande andelen återvunnet stål, hur representativa olika stål är för anläggningsbranschen, och hur väl tillgängliga data överensstämmer med metodval enligt europeisk standard.

<sup>10</sup> Enligt livscykelanalys för Botniabanan 2010, Botniabanan AB

Osäkerheterna kan slå i båda riktningarna, d.v.s. både leda till över- och underskattningar.

Då mängdunderlaget är framtaget i ett tidigt skede och en rad typåtgärder har använts i klimatkalkylen är beräkningarna av de totala utsläppen av växthusgaser från anläggandet av Nya stambanor i detta skede relativt grovskalig. En rad antaganden har gjorts där det saknas information i mängdunderlaget. Därmed föreligger även osäkerheter, både i totala utsläpp och i fördelningen av utsläppen på olika byggdelar och material, kopplat till de förenklingar eller antaganden som gjorts. Vilka antaganden och förenklingar som gjorts ses i Bilaga 1.

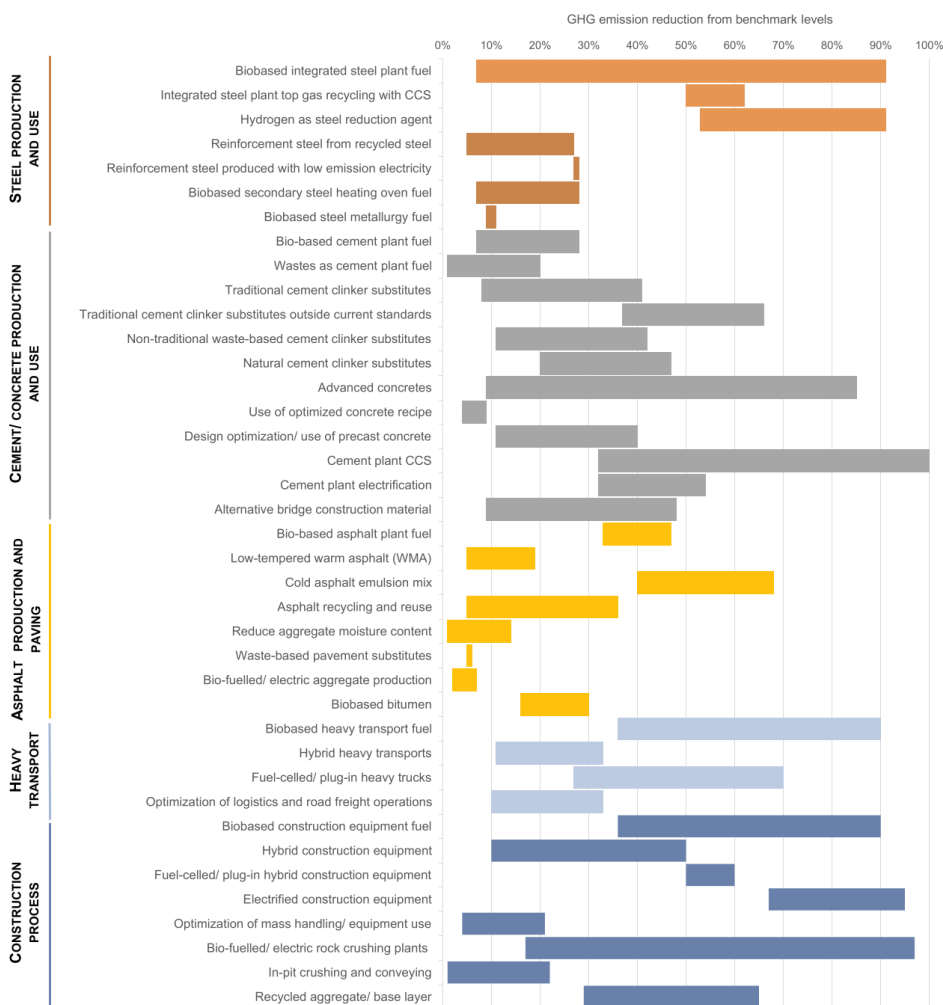
Osäkerheten i kostnads-kalkylen, vars underlag har legat till grund även för klimatkalkylen, anges av projekt Nya stambanor till +/- 16,5%. Eftersom fördelningen av växthusgasutsläpp och kostnader ofta går hand i hand kan det antas att motsvarande osäkerheter gäller även för växthusgasutsläppen. Inkluderat dessa osäkerheter är det troligt att växthusgasutsläppen för byggande av Nya stambanor hamnar på någonstans mellan 6,4 och 9 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Översatt i utsläpp per sträcka blir detta mellan 9000 och 13 000 ton per km.

I sammanställningen av de totala växthusgasutsläppen som togs fram inom klimatanalysen för höghastighetsjärnvägen 2017 redovisades motsvarande spann till 4,8 – 8 miljoner ton koldioxidekvivalenter, motsvarande 7000 - 12000 ton koldioxidekvivalenter/km. En anledning till att de totala utsläppen skiljer sig mot denna analys är att de totala utsläppen som beräknades 2017 baserades på olika klimat-kalkyler för delprojekt som sammanställdes. Dessa delkalkyler utgick från mängdunderlag som hade tagits fram på olika sätt varför antaganden och avgränsningar skiljde sig mellan de olika delklimatkalkylerna. Ytterligare en orsak till ökningen är att transporter av material och komponenter från producenten till entreprenaden, som t.ex. prefabricerade betongelement, rör och ledningar, har inkluderats i gällande version av Klimatkalkyl, v.7, men fanns inte med i den version som användes 2017. Till det kommer även revideringar av emissionsfaktorer och schabloner för byggdelar och typåtgärder som gjorts i modellverket sedan 2017, vilket också bidrar till skillnaden i resultat.

Ovan angivna osäkerheter har inte tagits hänsyn till i utredningen av möjlig reduktionspotential från analyserade åtgärder.

## 2.2 ÅTGÄRDER FÖR REDUKTION AV UTSLÄPP

Syftet med analysen för Nya stambanor är att kartlägga vilka åtgärder som krävs för att komma till 80% respektive 100% reduktion av växthusgasutsläpp och vilka förutsättningar som behövs för att uppnå dem. I Figur 3 nedan redovisas de åtgärder som analyserats för anläggningssektorn inom Mistra Carbon Exit och deras respektive relativa reduktionspotentialer.



Figur 3. Åtgärdsförslag och dess potential (Potential abatement actions proposed by Karlsson, Rootzen and Johnsson (2020))<sup>11</sup>

I Figur 3 framgår att de åtgärder som har möjlighet att nå mer än 80% reduktion alla är mer eller mindre transformativa åtgärder som innebär stora omställningar av stål- och cementindustrins tillverkningsprocesser samt en övergång till biobränslen och elektrifiering av tunga transporter och arbetsmaskiner. Denna analys är därför inriktad på dessa åtgärder och följer helt de scenarion för utsläppsminskningar och kostnadseffekter som tagits fram inom Mistra Carbon Exit.

De åtgärder som analyseras i denna utredning handlar huvudsakligen om:

- Transformativa åtgärder i tillverkning av betong och cement
  - Carbon capture and storage (CCS)
  - Elektrifiering
  - Biobränsle
- Transformativa åtgärder i tillverkning stål
  - Vätgasreduktion i masugnprocessen
  - Carbon capture and storage (CCS)
  - Elektrifiering

<sup>11</sup> Karlsson, I., Rootzén, J., Johnsson, F., 2019, Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains – Analysis of a Swedish road construction project, Chalmers

- Transformativa åtgärder i tillverkning armeringsstål
  - Vätgas som bränsle i ugnar
  - Carbon capture and storage (CCS)

Utöver dessa transformativa åtgärder inkluderas även nedanstående åtgärder i scenarion för reduktionspotentialer och i hindersanalys, men inte i bedömning av kostnadseffekter utöver den analys som gjordes 2017.

- Produktval för stål, asfalt, betong och armering
- Alternativa bindemedel i betong, exempelvis flygaska och slagg (GGBS)
- Alternativa materialval, exempelvis trä
- Optimering av byggnadsverk och ökad materialeffektivitet
- Optimering av masshantering
- Förnybara drivmedel i arbetsmaskiner, tunga transporter och krossverk (*hanterades översiktligt i kostnadsbedömningen i denna utredning*)
- Elektrifiering av arbetsmaskiner, tunga transporter, krossverk (*hanterades översiktligt i kostnadsbedömningen i denna utredning*)

Dessa åtgärder ger i sin tur reduktion av utsläpp för främst följande projektdelar:

- Byggnadsverk
- Banöverbyggnad
- Berg- och betongtunnlar
- Grundförstärkning
- Användning av fordon och arbetsmaskiner
- Transporter

Utöver dessa åtgärder med koppling till detaljprojekterings- och byggskede finns stora besparingsmöjligheter kopplade till linjeval, effektivisering av masshantering, bro- och tunnellängder, teknikval för spår- och tunnelsystem och andra val som kan göras i planeringsskedet. Möjligheterna till genomförande av sådana åtgärder styrs dock mycket av specifika geografiska förhållanden och är alltid föremål för avvägning av motstående intressen mot varandra. Det går därför inte att göra generella bedömningar av reduktionspotentialer och kostnadseffekter för sådana åtgärder. Åtgärder i planeringsskedet ligger därför utanför ramen för denna studie.

De åtgärder som analyseras bedöms kunna implementeras i branschen och i projekt stegvis i takt med omställningen som sker i exempelvis cement- och stålindustrin. Tabell 1 visar antaganden om vilka åtgärder som kan implementeras under vilken period. Scenarion för graden av implementering av dessa åtgärder för åren 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 har tagits fram och beskrivs i detalj i Bilaga 2. Detta baseras på underlag från Mistra Carbon Exit<sup>12</sup> och vägval *Electrification and ME pathway* (elektrifiering och

---

<sup>12</sup> Karlsson, I., Toktarova, A., Rootzén, J., Odenberger, M., 2020, Technical Roadmap – Buildings and transport infrastructure, Mistra Carbon

materialeffektivisering). För betong-och cementprodukter har vägvalet för *Biofuel, CCS and ME pathway* (biobränsle, CSS och materialeffektivisering) använts för åren 2025 och 2030. Vilka emissionsfaktorer som använts för respektive åtgärd/materialpost och år redovisas i Bilaga 2.

---

[https://static1.squarespace.com/static/59497bb66b8f5bd183c75745/t/5ec38f7b391cb70d018660de/1589874574652/MistraCarbonExit\\_Roadmap\\_Buildings+and+transport+infrastructure\\_v4.pdf](https://static1.squarespace.com/static/59497bb66b8f5bd183c75745/t/5ec38f7b391cb70d018660de/1589874574652/MistraCarbonExit_Roadmap_Buildings+and+transport+infrastructure_v4.pdf)

Tabell 1. Implementering av åtgärder för reducerad klimatpåverkan genom användning av vägval Electrification and ME pathway.

Åtgärdskategori	Åtgärder
<b>Cement</b>	<p>Ökning av bibränsle och alternativa bränslen i cementproduktionen</p> <p>CCS i cementproduktionen.</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel</p> <p>Minskning av andel bindemedel</p> <p>Elektrifiering av cementproduktionen</p>
<b>Betong</b>	Enligt Cement ovan samt materialeffektivisering/optimering
<b>Armeringsstål</b>	<p>Produktval</p> <p>Elektrifiering av produktionen</p> <p>Materialeffektivisering</p> <p>Plasmauppvärmning av ugnar i produktionen istället för biogas. Användning av biokol</p> <p>Lägre utsläpp från el-produktion i Europa</p> <p>Ökad energieffektivisering i produktion</p>
<b>Konstruktionsstål</b>	<p>Vätgas som bränsle i produktion</p> <p>Ökad materialeffektivitet</p> <p>Ökad återanvändning/cirkulära</p> <p>Ökad elektrifiering av produktionen</p>
<b>Asfalt</b>	<p>Biobränslekonvertering</p> <p>Emissionsreduktioner från biobränsle</p> <p>Återanvändning/användning av alternativa material</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering)</p> <p>Ökad materialeffektivisering från optimering och återanvändning</p> <p>Elektrifiering av krossverk</p>
<b>Arbetsmaskiner</b>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO</p> <p>Ökad elektrifiering</p>
<b>Material och masstransporter</b>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång</p> <p>Ökad logistikplanering</p> <p>Ökad hybridisering av fordonsflotta</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO</p> <p>Ökad elektrifiering</p>



### 2.2.1 Antaganden

Ett antal antaganden har gjorts för att möjliggöra scenarioanalysen. Dessa beskrivs övergripande nedan.

- Reduktionspotential per åtgärd som tagits fram av Mistra Carbon Exit baseras på reduktionspotential samlat för både bygg-och transportinfrastruktur. Potentialen har antagits gälla för Nya stambanor.
- De emissionsfaktorer som finns i Klimatkalkylverktyget har använts och kan skilja sig något mot emissionsfaktorer som använts i Mistra Carbon Exit.
- Elbranschens omställning till klimatneutralitet har antagits vara linjär fram till 2045 då den enligt Energimyndigheten ska vara nästintill klimatneutral<sup>13</sup>. Från 2040 antas även Trafikverkets ursprungsmärkta el att övergå i linje med denna linjära branschutveckling mot klimatneutralitet.
- Potentialen för varmförzinkat stål antas följa samma utveckling över tid som konstruktionsstål. (Varmförzinkat stål motsvarar rässtål i klimatkalkylmodellen.)
- Potentialen för Kalk antas följa samma utveckling över tid som cement.
- För anläggningsprocessen, tunga transporter och arbetsmaskiner har här ett medelvärde på reduktionspotential beräknats fram för reduktion av emissionsfaktor för diesel utifrån dessa tre posters potential i Mistra Carbon Exit.
- Krossmaterial antas följa utvecklingen för arbetsprocess, tunga transporter och arbetsmaskiner. Dock innehåller denna emissionsfaktor även utsläpp kopplade till sprängmedel, men andelen emissioner kopplat till sprängmedel har inte gått att utläsa i emissionsfaktorn för Krossmaterial.
- För Slipers antas innehållet vara 5% armering och 95% anläggningsbetong utifrån information i Klimatkalkyl version 5. Reduktionspotentialen för Slipers över tid har baserats på ration mellan armering och anläggningsbetong och respektive potential.
- Hela program Nya stambanor anläggs samlat under en specifik fem-årsperiod (alltså redovisas inte en ackumulerad reduktion).

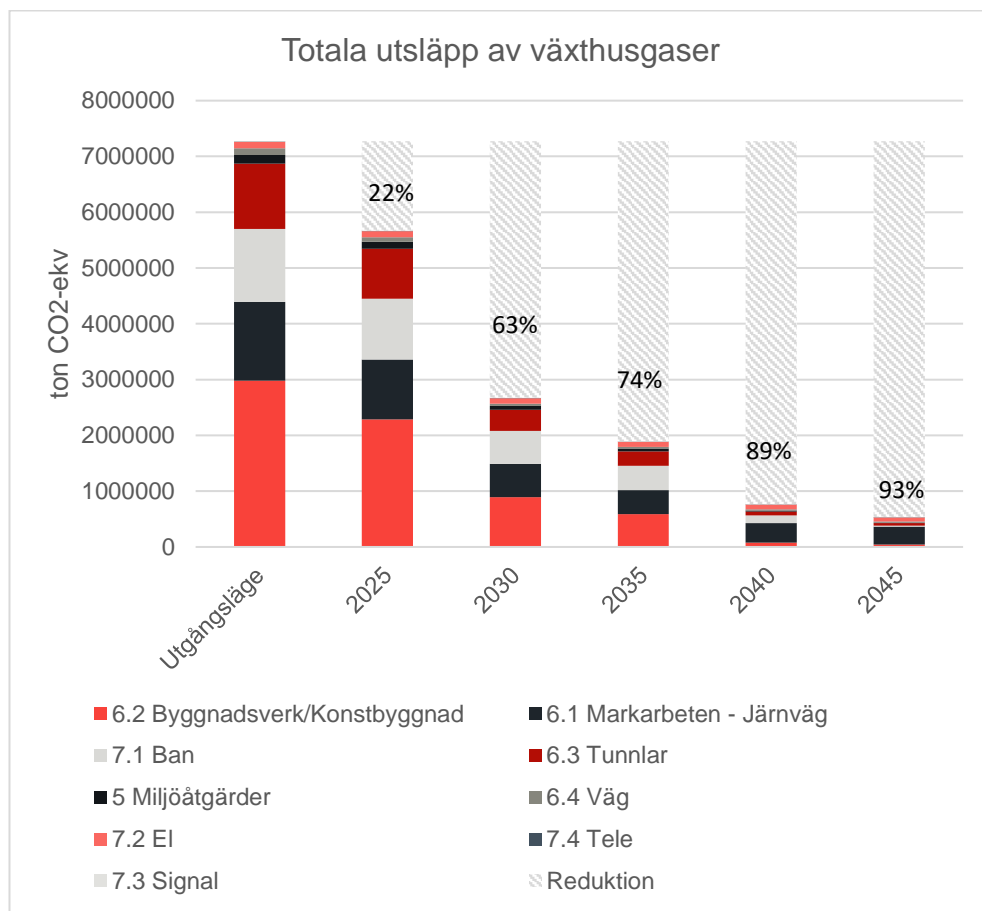
## 2.3 REDUKTIONSPOTENTIAL

Utifrån angivna åtgärder i Tabell 2 har reduktionspotentialen av klimatpåverkan över tid beräknats och redovisas i Figur 4. Respektive stapel representerar de totala utsläpp av växthusgaser som uppstår om anläggandet av hela Nya stambanor skulle ske vid detta årtal. Man kan också se det som att resultaten avspeglar reduktionspotentialen givet vissa förutsättningar för industrins och branschens införande av teknik för reducerade utsläpp, som är angivna för de respektive årtalen.

---

<sup>13</sup> Karlsson, I., Toktarova, A., Rootzén, J., Odenberger, M., 2020, Technical Roadmap – Buildings and transport infrastructure, Mistra Carbon [https://static1.squarespace.com/static/59497bb66b8f5bd183c75745/t/5ec38f7b391cb70d018660de/1589874574652/MistraCarbonExit\\_Roadmap\\_Buildings+and+transport+infrastructure\\_v4.pdf](https://static1.squarespace.com/static/59497bb66b8f5bd183c75745/t/5ec38f7b391cb70d018660de/1589874574652/MistraCarbonExit_Roadmap_Buildings+and+transport+infrastructure_v4.pdf)

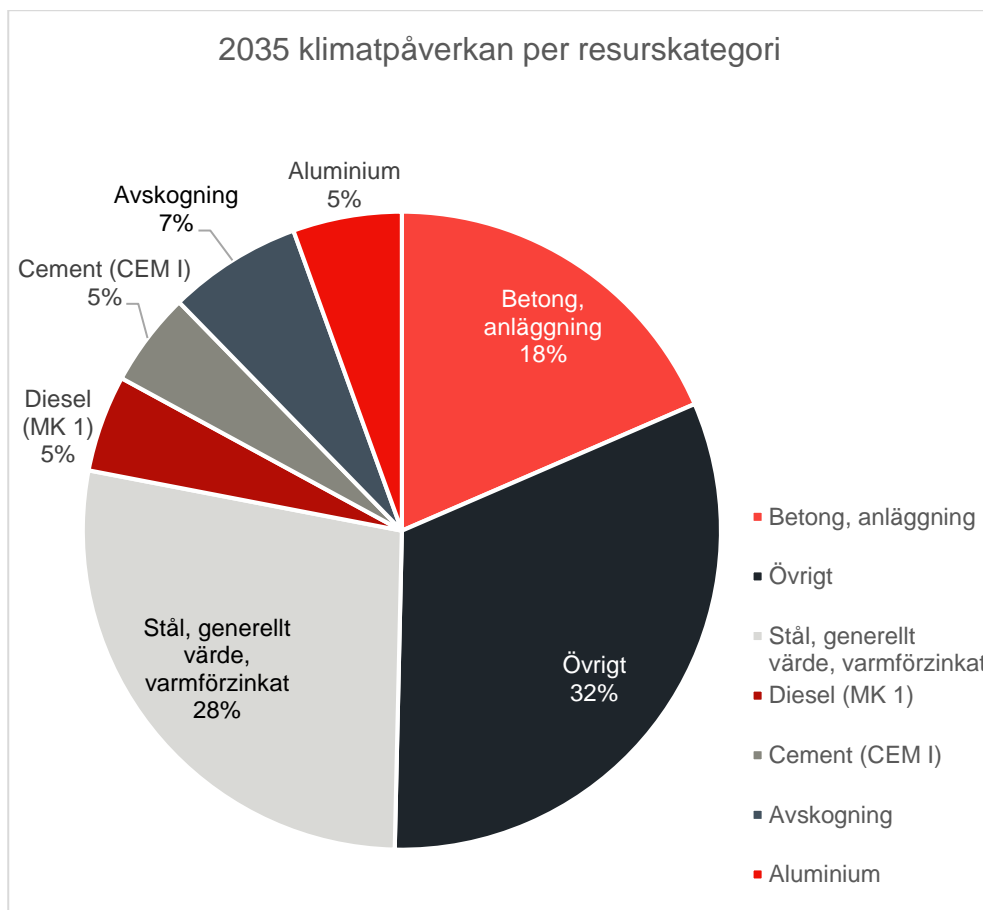
Reduktionspotentialen utgår ifrån utgångsläget för hela programmet Nya stambanor som tagits fram utifrån mängdunderlag från kostnadskalkylen, enligt avsnitt 2.1.



Figur 4. Reduktionspotential av klimatpåverkan för Nya stambanor baserat på utgångsläget från 2025 till 2045. Potentialen är beräknad utifrån när transformativa åtgärder bedöms kunna implementeras över tid och vilken omfattning.

Nya stambanors mål om reduktion på 80% till år 2035 bedöms inte fullt ut vara möjlig baserat på dagens prognos om hur implementering av åtgärder bedöms kunna göras fram till 2035 (Tabell 1). Beräkningarna visar en möjlig reduktion på ca 74% om hela Nya stambanor byggs år 2035 (Figur 4).

Fördelningen av kvarstående utsläpp per resurskategori ses i Figur 5. *Anläggningsbetong* står för en knapp femtedel av utsläppen medan rålsstål står för närmare en tredjedel. I posten *Övrigt*, som utgör cirka 30%, ingår bland annat asfalt, sprängämnen, plast, viss cement (CEM II och kalk), konstruktionsstål och andra metaller. Av fördelningen i Figur 5 ses att det 2035 fortfarande finns stora reduktioner som behöver göras kopplat till betong, cement och stål för att nå målet om 80% reduktion.



Figur 5. Klimatpåverkan per resurskategori år 2035.

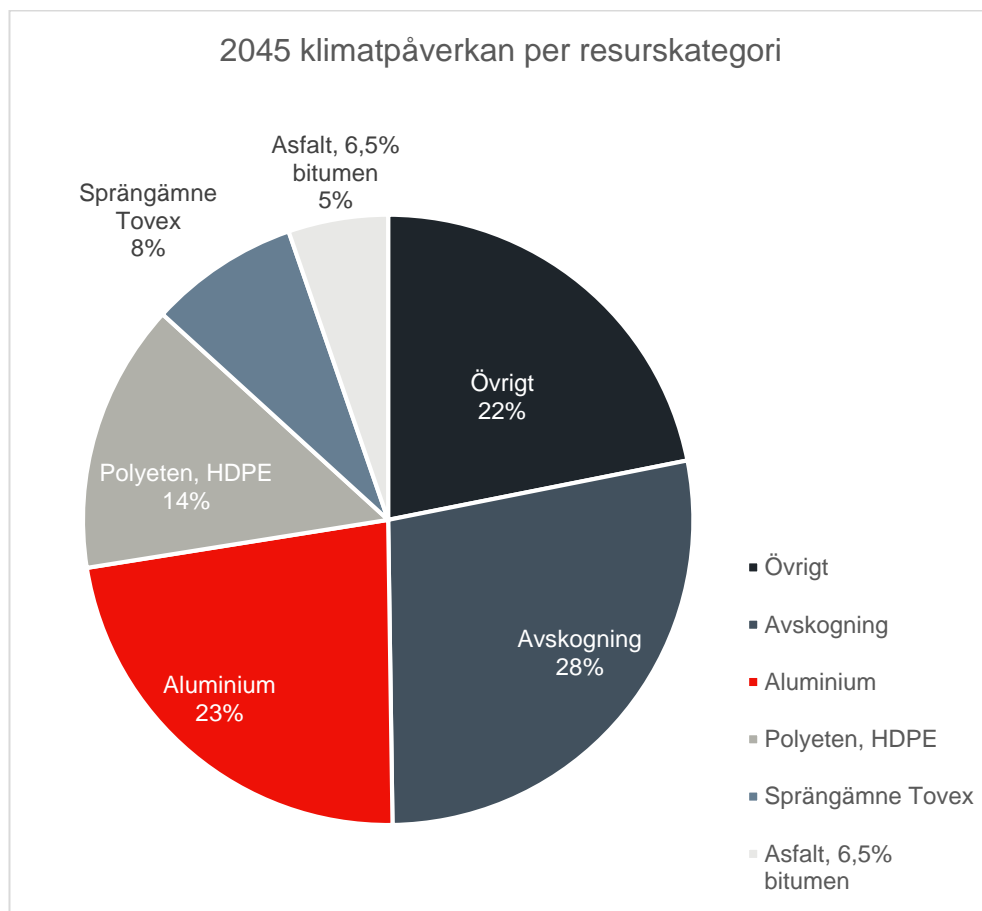
Analysen visar också att en reduktion på 93% är möjlig om Nya stambanor byggs år 2045, vilket motsvarar cirka 0,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Detta förutsätter att åtgärder kopplade till omställning av industriprocesser för tillverkning av stål och cement, ökad användning av el och biobränsle för arbetsmaskiner och transporter, materialeffektivisering och optimering genomförts med full potential. Att nå 100% reduktion av växthusgasutsläpp och nå ett helt utsläppsfritt anläggande av Nya stambanor bedöms inte som möjlig eftersom det finns en del kvarstående utsläpp trots omfattande transformativa åtgärder. År 2045 visar beräkningarna att posten *Avskogning* står för den största andelen av de kvarstående utsläppen, med närmare 30%, se Figur 6. Posten *Övrigt* med en andel på cirka 20% innehåller bland annat bränsle, energianvändning och andra metaller. De kvarstående utsläppen består även av *Asfalt*, *Plast*, *Aluminium* och *Sprängämnen*.

Framställningen av aluminium och plast och andra metaller kommer troligen att följa en liknande utveckling som exempelvis stålindustrin<sup>14</sup>. En sådan utveckling för aluminium och plast bidrar dock endast till någon ytterligare procents reducering av de totala utsläppen för Nya stambanor. Dessa åtgärder har inte ingått inom ramen för denna utredning och bedöms påverka reduktionspotentialen marginellt.

Utsläpp kommer också fortfarande att finnas vid användning av till exempel biobränsle och el, då dessa inte är helt utsläppsfria. En post som beräknas att bidra med en fjärdedel av kvarstående utsläpp som uppstår vid

<sup>14</sup> Personlig kommunikation: Ida Karlsson, Chalmers, 2020-12-02

avverkning av träd. Förändrad markanvändning och hur träd fungerar som en kolsänka är något som behöver hanteras ytterligare för att nå närmare till 100% reduktion.



Figur 6. Fördelning av klimatpåverkan per resurskategori år 2045.

I Bilaga 2 ses fördelningen per resurskategori även för år 2025, 2030 och 2040. Respektive åtgärds-kategori's procentuella bidrag till reduktionen baserat på ingående mängder för Nya stambanor redovisas i Tabell 2. Utifrån detta ses att åtgärder kopplat till anläggningsbetong har störst effekt på reduktionen av klimatpåverkan för Nya stambanor följt av åtgärder kopplat till bränsleanvändning i arbetsmaskiner, anläggningsprocesser och transporter.

Tabell 2. Reduktionspotential per åtgärdskategori.

Åtgärdskategori	2025	2030	2035	2040	2045
<b>Anläggningsbetong</b>	7%	25%	28%	34%	34%
<b>Maskiner, arbetsprocess, transport</b>	6%	14%	17%	18%	19%
<b>Armeringsstål</b>	3%	5%	7%	8%	8%
<b>Cement</b>	2 %	9%	10%	13%	13%
<b>Stål, varmförzinkat (räls)</b>	1%	3%	4%	7%	9%
<b>Kalk</b>	1%	5%	6%	7%	7%
<b>Konstruktionsstål</b>	0%	1%	1%	2%	3%
<b>Asfalt</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Slipers (armering+betong)</b>	0%	0%	1%	1%	1%
<b>EI*</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Totalt</b>	<b>22%</b>	<b>63%</b>	<b>74%</b>	<b>90%</b>	<b>93%</b>

\*Innefattar endast utsläpp kopplat till direkt elanvändning baserat på hur byggdelar och typåtgärder är uppbyggda i klimatkalkylmodellen. Reduktionspotential för elanvändning i framställning av exempelvis stål inkluderas i posten för Stål.

### 2.3.1 Osäkerheter

Analysen är baserad på att hela anläggandet av Nya stambanor sker inom en och samma period. För att möjliggöra en analys som beskriver hur den ackumulerade reduktionspotentialen ser ut över tid krävs en mer omfattande analys mot produktionstidplanen för respektive delprojekt. I analysen behöver mängdunderlaget vara uppdelat per år (5-årsperiod).

De totala utsläppen inkluderar även utsläpp från underhåll sett över anläggningens livstid. För de scenarion som framförallt räknas i ett tidigare skede (år 2025, 2030 och 2035) bör de totala utsläppen bli mindre eftersom det inte tas hänsyn till hur emissionsfaktorerna ser ut då en byggdela behöver bytas ut eller underhållas.

### 3 KOSTNADSBEDÖMNING OCH HINDER FÖR IMPLEMENTERING AV ÅTGÄRDER

Implementering av de åtgärder som krävs för att uppnå reduktion av klimatpåverkan upp till 80-100% enligt utförd analys kommer inte att kunna göras utan att totalkostnaderna för ett projekt ökar. I dagsläget finns också en rad hinder som behöver hanteras för att fullt ut kunna implementera åtgärderna för att nå full reduktionspotential.

#### 3.1 KOSTNADSBEDÖMNING

I den klimatanalys av höghastighetsjärnvägen som gjordes 2017 hölls en workshop för att kostnadsbedöma åtgärder för att minska utsläpp från byggande av järnvägen med 30-50%. Sammanfattningsvis bedömdes alla åtgärder och kombinationer av åtgärder som krävs för att nå de reduktionsnivåerna som kostnadsneutrala, med visst förbehåll för möjliga tillfälliga marknadsprisökningar på grund av ökad efterfrågan på t.ex. flygaska, GGBS och förnybara drivmedel som HVO. Generellt konstaterades att det som kan påverka kostnaderna signifikant är framför allt sådant som påverkar produktionstider, som t.ex. förändrade maskinkapaciteter, armeringstider och härdningstider för betong. Planering är därför en nyckelfaktor och att dessa aspekter inkluderas tidigt i planeringen.

För att nå reduktioner på 80-100% krävs transformativa åtgärder som investeringar i ny klimatneutral teknik i cement- och stålindustrin, för att drastiskt minska klimatgasutsläppen från tillverkning av dessa produkter. Detta kommer att kräva stora investeringar i industrin vilket kommer att påverka kostnaderna för användande av dessa material.

Inom ramen för denna analys har en kostnadsbedömning av klimatåtgärder gjorts baserat på mängdunderlag för klimatkalkylen och uppskattade åtgärds-kostnader. Utifrån den klimatkalkyl som upprättas för jämförelsealternativet för Nya stambanor har totala mängder tagits fram för betong, kalk, cement, armering, konstruktionsstål, rälsstål, diesel och asfalt. Kostnadsökningar för dessa material väntas uppstå till följd av de investeringar i klimatreducerande teknik som pågår eller planeras hos tillverkare för att minska klimatbelastningen av deras produkter. De antaganden som gjorts för troliga kostnadsökningar för materialen baseras på underlag från forskningsprogrammet Mistra Carbon Exit och underlag från materialtillverkare. Åtgärder, mängder och kostnadseffekter per åtgärds-kategori sammanfattas i Tabell 3 nedan. Bedömningar av materialkostnader i ett stort projekt som Nya stambanor, och effekter av redovisade kostnadsökningar på dessa, har gjorts av erfaren kalkylator för stora infrastrukturprojekt<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Personlig kommunikation med kalkylator Michael Ugglå, 2021.

Tabell 3. Åtgärdsområden för 80-100% reduktion av växthusgasutsläpp för Nya stambanor, med angivande av uppskattade mängder och kostnadseffekter per åtgärdsområde.

Åtgärdsområde	Mängd material Nya stambanor	Kostnadseffekt för åtgärd <sup>16</sup>
<b>Förändrad produktion av stål (vätgasreduktion, elektrifiering, CCS)</b>	Räls: Ca 300 000 ton Konstruktionsstål: Ca 80 000 ton Armering: Ca 1 300 000 ton	13-30 % ökad produktionskostnad per ton stål
<b>Förändrad produktion av cement och kalk (CCS, elektrifiering)</b>	Betong: 7,3 miljoner m <sup>3</sup> Övrig cement: 1 000 000 ton Kalk: 350 000 ton	Upp till 70-100% ökad produktionskostnad för cement och betong per ton resp. m <sup>3</sup> 6 – 8 % ökad kostnad för komplett byggnadsverk
<b>Introduktion av klimatneutral bitumen och energi för asfalttillverkning</b>	Asfalt: 800 000 ton	Ca 10% ökad produktionskostnad antas
<b>Fossilfria tunga transporter (biobränslen och elektrifiering)</b>	500 000 m <sup>3</sup> diesel totalt ca 60 miljoner m <sup>3</sup> massor som ska transporteras	Beror av nyttjandegraden och laddinfrastruktur för elektrifiering. Inköp+drift av batteridrivna maskin med ett batteri som klarar hela dagens drift blir ca 700 000 SEK billigare än dieseldrivna maskin, över 10 år. Antagen drifttid 6 h/dag. På sikt troligen effektivisering och kostnadsminskning, men initialt höga investeringskostnader. <sup>17</sup>  För biodrivmedel antas kostnadsökning motsvarande 1 kr per liter.
<b>Fossilfria arbetsmaskiner i anläggningsprocessen (biobränslen och elektrifiering)</b>	Se ovan	Se ovan

För cementbaserade produkter antas en fördubbling av dagens cementpris. Detta leder till en ökad kostnad för betong på ca 3,2 miljarder SEK baserat på de mängder som beräknats för Nya stambanor. För kalk och övriga cementprodukter bedöms den ökade kostnaden bli ca 1,6 miljarder SEK.

För armeringsstål, konstruktionsstål och rälsstål antas en ökning av kostnaden för produktion av själva stålet på 30%. Produktionskostnaden är endast en del av slutpris till kund och produktionskostnadens andel har uppskattats baserat på branschfarenhet. Kostnadsökningen för dessa stålprodukter bedöms sammantaget bli ca 2,1 miljarder SEK.

Den totala kostnadsökningen för asfalt bedöms till ca 0,08 miljarder SEK.

Ökad kostnad för användning av biodrivmedel bedöms vara ca 0,5 miljarder SEK. Denna kostnadsnivå bedöms även vara en rimlig merkostnad för

<sup>16</sup> Hämtat från sammanställningar i forskningsprojekt inom Mistra Carbon Exit

<sup>17</sup> Energimyndigheten, 2020, *Genomförbarhetsstudie: Elektrifierad Bygg- och anläggningsplats*

introducering av elektrifierade fordon initialt. En åtgärd som dock på sikt bedöms vara kostnadsneutral eller ge minskade kostnader.

Den totala kostnadsökningen bedöms till ca 7,5 miljarder SEK. Baserat på tidigare beräknade kostnaden för Nya stambanor på 230 miljarder SEK skulle implementering av de klimatreducerande åtgärder som utretts inom ramen för uppdraget således kunna leda till en kostnadsökning på ca 3,3 %. Givet de stora osäkerheter som finns i antaganden för kostnadsberäkningar uppskattas ett intervall för kostnadsökningar vara ca 2,5% – 7%.

Observera att i denna uppskattning av kostnadsökningar har konservativa antaganden gjorts genom att välja de övre angivna värdena i kostnadsökningsintervall enligt Tabell 3. Bedömd kostnadsökning förutsätter även att hela kostnaden för industrins omställning till klimatneutrala tillverkningsprocesser betalas av slutkunderna. Bedömningen bör därför ses som ett worst-case scenario. Det troliga är att delar av industrins omställning kommer att finansieras på annat sätt, t.ex. genom statliga medel eller riskgarantier eller liknande och det är därför osäkert hur stor del som kommer belasta enskilda infrastrukturprojekt.

I november 2020 hölls en ny workshop för att bredda bedömningen av kostnadseffekter av de åtgärder som krävs för att nå de utsläppsreduktioner som redovisats ovan. Vid workshopen deltog erfarna kalkylatorer och kalkylsamordnare från Trafikverket och WSP. Deltagarna ombads att försöka uppskatta kostnadseffekter för hela program Nya stambanor baserat på en redovisning av kostnader för de enskilda åtgärderna, som beskrivits tidigare i denna PM. Sammanfattningsvis bekräftade resultatet från den workshopen de resultat från kostnadsbedömningen som redovisats ovan.

## 3.2 HINDERSANALYS

### 3.2.1 Hinder

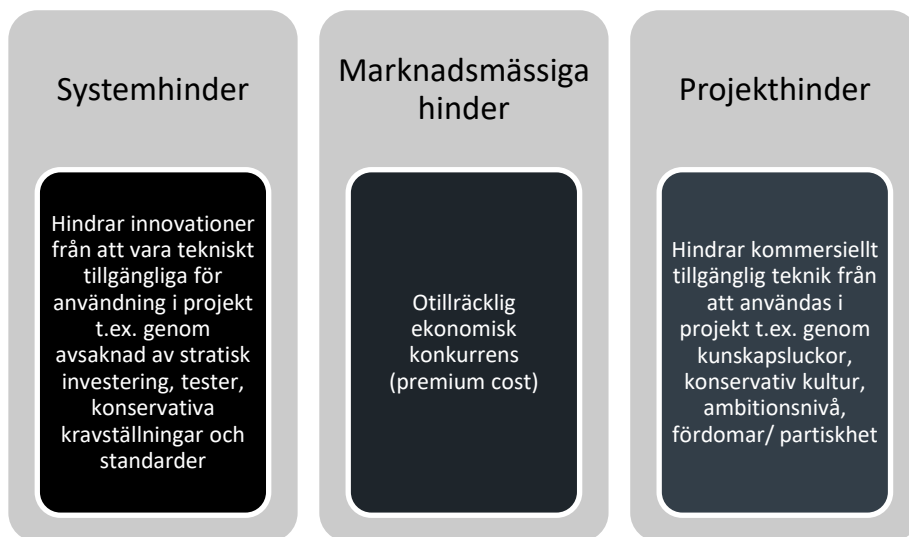
Trots att det redan idag finns åtgärder för att möjliggöra reduktion av klimatpåverkan från ett infrastrukturprojekt med upp till 50%<sup>18, 19</sup> ligger reduktionsnivåerna generellt inte i närheten av dessa nivåer i pågående projekt. Implementering av åtgärder för att reducera klimatpåverkan från infrastrukturprojekt är förknippat med ett antal hinder på olika nivåer, se Figur 7.

---

<sup>18</sup> Karlsson, I., Rootzén, J., Johnsson, F., 2019, Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains – Analysis of a Swedish road construction project, Chalmers

<sup>19</sup> Trafikverket, 2017:162 Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg, Sträckorna Järna-Göteborg och Jönköping-Lund





Figur 7. Hindersstruktur.

Generellt måste systemnivåhinder och hinder på marknadsnivå övervinnas för att en åtgärd ska bli tillgänglig för användning i projekt. Därefter blir hinder på projektnivå relevanta<sup>20</sup>.

För att kunna uppnå reduktionsnivåer på 80-100% i enskilda projekt, som studeras här, måste många förutsättningar på systemnivå finnas på plats. Exempelvis uppskalning av biobränsleproduktion och -användning, klimatneutral el-sektor, fullskalig implementering av CCS och förändrade tillverkningsprocesser i cement- och stålindustrin m.m.

På projektnivå finns hinderstrukturer som gör att klimatreducerande åtgärder som är möjliga redan idag inte implementeras. Viktiga parametrar är avsaknad av incitament (både för företag och på personnivå), interna företagsmål, pressade tidplaner, finansiella incitament, projektbudget, kontraktsform. Osäkerhet vad gäller kvalitet och funktion, brist på kunskap och avsaknad av referensprojekt är också viktiga hinder.

Ökad kunskap och erfarenhet av hur till exempel betong med inblandning av tillsatsmaterial fungerar gör att vissa sådana hinder undanröjs och skapar positiva förstärkning. Fler referensprojekt minskar osäkerheter och skepsis och kan göra att tekniska standarder som styr förutsättningar för utförande uppdateras och möjliggör ytterligare reduktionspotentialer.

Generellt gäller att ju tidigare en aspekt kan hanteras desto större möjlighet ger det att få effekt av en åtgärd. Det är därför viktigt att inte begränsa alternativen i ett tidigt skede, men också att ha ett tydligt mål för vad man vill uppnå och se till att det genomsyrar organisationen.

Nedan följer en kortfattad sammanfattning av observerade hinder för olika typer av åtgärder för minskade utsläpp av växthusgaser.

<sup>20</sup> Eriksson, M., Uppenberg, S, 2020, Barriers to carbon abatement in the construction sector, Mistra Carbon Exit, utkast

### **Hinder för högre mängder alternativa bindemedel i betong, inom standard**

- Avsaknad av organisatorisk klimatpolicy
- Osammanhängande konstruktionsstandarder (gäller främst begränsningar för betong i AMA Anläggning i relation till cementstandard SS137003)
- Avsaknad av tillförlitliga referensprojekt
- Ej gynnsamma incitament att prova något nytt
- Skepsis mot prestanda/hållbarhet över tid
- Sideeffekter från användning av funktionella upphandlingskrav
- Otillräcklig kunskap om materialegenskaper
- Avsaknad av feedback och dialog mellan aktörerna
- Hängslen och livrem-tänkande
- Inlåsnings effekter i leverantörsavtal
- O gynnsamma kontraktmodeller

### **Hinder för användning av alternativa bindemedel i betong, utanför standard**

- Konservativa konstruktionsstandarder – ingår ej i standarder idag (gäller främst begränsningar i möjligheter för nya alternativa bindemedel i cementstandard SS137003 och AMA Anläggning)
- Avsaknad av tillförlitliga referensprojekt
- Otillräcklig kunskap om materialegenskaper
- Begränsad tillgång på marknaden
- Miljölagstiftning begränsar möjlighet till brytning av leror

### **Hinder för optimering av design för byggnadsverk med avseende på klimat, inklusive användning av alternativa material**

- Optimering görs ofta mot investeringskostnader vilken kan leda till suboptimeringar
- O gynnsamma kontraktmodeller
- Omedvetenhet om ömsesidigt beroende mellan aktörerna i värdekedjan
- Otillräcklig kunskap om materialegenskaper
- Avsaknad av feedback och dialog mellan aktörerna i värdekedjan
- Konservativa konstruktionsstandarder (se ovan)
- Avsaknad av tillförlitliga referensprojekt
- Skepsis mot prestanda/hållbarhet över tid

### **Hinder för optimering av masshantering**

- Avfallslagstiftning – massor som saknar tydligt syfte för användning klassas som avfall
- Svårigheter att planera och implementera en energieffektiv logistikkedja ur ett helhetsperspektiv.
- Saknas ofta intresse och budget för att utföra en masshanteringsplan i projekteringsfasen

- Kontraktstyp kan vara ett hinder, framför allt vid fastprisuppdrag
- Anses kunna hanteras av entreprenören, vilket kan göra att det saknas förutsättningar i byggskedet på grund av bristande planering
- Kravställningar görs ibland utan att en fullständig analys (t.ex. transportband som ej fungerar för det specifika projektet)
- Vid implementering uppstår ofta förändringar av masshanteringsplanen, till följd av att massupplag blir fulla etc. Detta kräver regelbunden uppdatering av planen
- Avsaknad av feedback och dialog mellan aktörerna
- Svårigheter att säkerställa utsläppsminskning över tid

### Hinder för övergång till elektriska maskiner och transporter

- Begränsat utbud av maskiner i dagsläget
- Tillverkare inväntar ökad efterfrågan
- Framdragning av elanslutning och begränsningar i tillgång till effekt
- Behov av batterier/bränsleceller, ladd-/vätgasinfrastruktur, laddstrategier och nyttjandegrad
- Svårigheter att investera för fordons-/maskinägare som ofta är små företag
- Otillräckliga ekonomiska incitament

### 3.2.2 Lösningar

I november 2020 höll en workshop med ett tjugotal deltagare från Trafikverket och WSP för att diskutera hinder och möjliga lösningar för att uppnå reduktioner av växthusgasutsläpp på 80-100% för nya stambanor. Reduktionsåtgärder och hinder som beskrivits tidigare i rapporten utgjorde förutsättningar för diskussionerna. De viktigaste förslagen och frågeställningarna för att komma vidare med ökade reduktioner av växthusgasutsläpp sammanfattas nedan. Sammanfattningsvis ansåg deltagarna att det finns ett stort behov av ytterligare liknande möten för att diskutera hinder och möjligheter gemensamt mellan de olika delprojekten inom program Nya stambanor.

#### Tydligare ledarskap

- Uttalade mål av högsta ledningen
- En detaljerad plan för när maskiner, material mm för att klara vissa klimatkrav måste vara framme för Nya stambanor

#### Lyfta klimatfrågan och åtgärder i ett tidigare skede

- Tydliga förutsättningar
- Klimatfrågan behöver inarbetas i de handlingar som tas fram av projektörer i ett tidigt skede
- Inkludera kostnader för åtgärder i kalkylen tidigt
- Inarbete behov av t.ex. framdragning av el tidigt för att möjliggöra elektrifiering av produktion

- Samtidigt bibehålla flexibilitet att få med den senaste tekniken i långa projekt.
- Inlåsnings effekter för långa avtal och projekttider? Hur gör vi för att förändra förutsättningar över tid i pågående kontrakt?

### **Hantering av målkonflikter**

- Skapa acceptans för kostnadsökning. Vad får det kosta? Måste vara en tydlighet i mål så det ger förutsättningar istället för ifrågasättande.
- Förändra synsätt på livslängd - acceptera kortare livslängder?
- Skapa trygghet i att ändra förutsättningar, t.ex. för att använda AMA 20 istället för AMA 13 för betong, i pågående projekt
- Arbeta än mer med livscykelperspektivet (LCC/LCA)
- Riktlinjer för hantering av målkonflikter

### **Upphandlingsformer**

- Hur kan klimat vägas in i upphandling?
- Bonus, ny modell baserat på pris per ton CO<sub>2</sub> kommer
- Bör Trafikverket tillhandahålla strategiska material?
- Ökad tydlighet genom mer specifika krav på t.ex. material

### **Kunskapsökning**

- Löpande mötesforum för diskussion och erfarenhetsutbyte
- Generellt kunskapsglapp behöver överbryggas – hur ser gapet ut mellan vad som görs och vad som skulle kunna göras? Förstår vi branschen?
- Ta fram underlag på specifika åtgärder och hur de inverkar på livslängd, kvalitet mm
- Höja kunskapsnivå på Trafikverket om hur alternativa material fungerar
- Mer effektiv spridning av goda exempel och erfarenheter på bredden inom Trafikverket och i branschen

### **Tidsaspekten**

- Identifiera var aspekten "tid" ska hanteras. I vilket skede ska vi lägga mer tid? Projektering, produktion osv
- Se över produktionstider – om dessa kan förlängas finns större möjligheter att implementera åtgärder
- Skapa bättre process för att snabbare hantera entreprenörens förslag på åtgärder

## Hantering av lagstiftning

- Trafikverket och Naturvårdsverket har lämnat hemställan till departementet om förändring i lagstiftning när det gäller masshantering
- Göra det tydligare i järnvägsplaner med ett tydligt syfte för hur vi kan återvinna massor. Det skapar förutsättningar för att möjliggöra det.
- Minimera mark som tas i anspråk- om mer mark får användas kan vi gå mot andra lösningar. Gäller då att skapa överenskommelser i tidigt skede.

## 4 SAMLAD BEDÖMNING

Både denna analys och andra som gjorts inom Mistra Carbon Exit visar att det verkar omöjligt att nå noll utsläpp av växthusgaser från byggande av infrastruktur. När utsläpp från industriprocesser för tillverkning av stål, cement m.m. närmar sig noll kommer ändå utsläpp från t.ex. förändrad markanvändning för elproduktion och permanent avverkning av skogsbiomassa att finnas kvar. Ju närmare vi kommer år 2045 desto viktigare kommer frågan om vad vi egentligen menar med klimatneutralitet att bli. Vi vill därför rekommendera Trafikverket att påbörja ett arbete tillsammans med branschen med att definiera vad som menas med klimatneutralitet för byggande av infrastruktur. Det kan göra att vägen mot klimatneutralitet känns mer begriplig och öka förståelsen för vad vi gemensamt måste uppnå vid vissa tidpunkter för att vi ska kunna nå dit.

En sådan definition bör bland annat innehålla beskrivningar av hur utsläpp från förändrad markanvändning ska beräknas och hur kolsänkor och kompensationsåtgärder ska hanteras och vad som är att betrakta som OK och inte. Det vore också önskvärt med en beskrivning av scenarion för vad som är att betrakta som det närmaste klimatneutralitet vi kan komma vid vissa tidpunkter eller för vissa milstolpar när det gäller förutsättningar kopplat till främst cement- och stålindustrins omställning och möjligheter till fossilfria och/eller utsläppsfria anläggningsprocesser. Den kartläggning som gjorts inom Mistra Carbon Exit och som använts som förutsättningar i denna studie bör vara en bra utgångspunkt för beskrivning av sådana scenarion, och kan ha en funktion som mer detaljerad nedbrytning av bygg- och anläggningssektorns färdplan för fossilfri konkurrenskraft.

Vidare finns det också en rad systemövergripande hinder, som ett enskilt projekt inte har rådighet över, som är avgörande att komma över för att kunna uppnå de reduktionspotentialer som denna analys resulterat i. För att få aktörer inom industrin och maskinbranschen att ta ekonomiska risker och våga satsa på investeringar för en omställning är det viktigt att finns tydliga krav och en tydlig bild av efterfrågan som förväntas gälla över lång tid. Ett sätt att uppnå det kan vara att Trafikverket tillsammans med andra stora beställare tydligt signalerar avsikter om att köpa klimatneutrala material och tjänster även om kostnaderna för dem kan öka.

Det är också tydligt att det fortfarande finns ett glapp mellan potential och verklighet inom ramen för projekt - något som uppmärksammats bland annat

i studien från 2017, Kontrollstation 2018<sup>21</sup> och under den workshop om hinder som hölls under denna utredning. Kunskapsökning och mer tydliga direktiv och arbetsprocesser där klimatfrågan hamnar högre upp på agendan är exempel på lösningar som projekten och Trafikverkets egen organisation kan underlätta en implementering av klimatreducerande åtgärder. De rekommendationer på fortsatt arbete som togs fram som en slutsats av studien 2017<sup>22</sup> bedöms fortfarande vara aktuella att arbeta vidare med.

Att ställa om till en infrastruktur med lägre klimatpåverkan kommer att leda till ökade kostnader, troligen både i investerings- och reinvesteringskostnader. Ökningarna är främst förknippade med att materialkostnader blir högre i och med de stora investeringar som krävs i cement- och stålindustrin. För de åtgärdsförslag, framför allt kopplade till dyrare materialkostnader, som kostnadsbedömdes i denna utredning bedömdes investeringskostnaden öka med ca 2,5-7 %. Den exakta ökningen går dock inte att bedöma fullt ut inom ramen för detta uppdrag. Det kan också finnas andra alternativ till producenternas finansiering av investeringskostnader för klimatomställning av produktionsmetoderna än att fullt ut lägga dessa på produktpriset, exempelvis via statliga finansiering. Det är också troligt att optimeringar av material, mer effektiv logistikplanering och masshantering ger kostnadsminskningar, om än osäkert hur stora dessa kan vara.

---

<sup>21</sup> Nilsson, S., Balian, D., Gustafsson, S., Pädam, S., Uppenberg, S., 2019, Kontrollstation 2018, WSP

<sup>22</sup> Trafikverket, 2017:162 Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg, Sträckorna Järna-Göteborg och Jönköping-Lund

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

### WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)





UPPDRAGSNAMN  
NGJ -Reduktionspotential och kostnadsbedömning av  
åtgärder

UPPDRAGSNUMMER  
10306753

FÖRFATTARE  
Maja Reichard

DATUM  
2021-02-05

# BILAGA 1 – KLIMATKALKYL FÖR NYA STAMBANOR

## PM REDUKTIONSPOTENTIAL OCH KOSTNADSBEDÖMNING AV KLIMATÅTGÄRDER

Stockholm-Globen 2021-02-05

WSP Sverige AB

Maja Reichard och Stefan Uppenberg

**WSP Sverige AB**  
121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
**wsp.com**



## Syfte och metod

Syftet med den här klimatkalkylen är att ge en överblick på klimatpåverkan för Nya stambanor samt att dokumentera avgränsningar och antaganden.

Klimatpåverkan har bedömts med hjälp av beräkningsverktyget Klimatkalkyl 7.0 som tillhandahålls av Trafikverket, ingång C.

## Avgränsningar och antaganden

Beräkningarna har baserat på mängdunderlag från Trafikverket, daterat 200903, som inkom till WSP den 1 oktober 2020 samt kompletterande underlag som inkommit till WSP den 27 oktober, den 4 november samt 18 januari 2021.

## Antaganden

Följande antaganden och förenklingar gjorts i klimatkalkylen:

<i>Bullerskyddsvall Fall A</i> har förenklats till Jord Fall A Fyll JVG (6.1)
<i>Bullerskyddskärm &lt;2,5 m</i> har antagits vara 2,3 m hög enligt standard i klimatkalkylverktyget samt antagits vara av stål för att anta ett konservativt antagande
<i>Bullerskyddskärm &gt;2,5 m</i> har antagits vara 3 m hög samt antagits vara av stål för att anta ett konservativt antagande
För avverkning har antagits 0,05 träd per m <sup>2</sup> . 0,53 m <sup>3</sup> fub/träd ; 1 m <sup>3</sup> fub = 1,2 m <sup>3</sup> sk; enligt <a href="https://www.skogssverige.se/omvandlare">https://www.skogssverige.se/omvandlare</a>
Vid ledningsomläggning har schakt om 3*0,5 m antagits
<i>Temporära stödkonstruktioner</i> har antagits vara spont samt ha en klimatpåverkan på 100% pga att det är osäkert om denna kommer tas upp eller ej
Betongpålar inklusive pälplattor har antagits vara betongpåle SP3
Tryckbankar har förenklats till Jord Fall A, Fyll (6.1)
Jordinjektering/jetgrouting har antagits vara injektering(cement) motsvarande 70 000 ton (baserat på tillkommande underlag från Trafikverket)
<i>Slitsmur</i> har antagits vara 1 m i betong och ha en armeringsgrad på 50 kg/m <sup>3</sup> betong
<i>Lättfyllning</i> antas vara Leca och ansätts som <i>Lättfyllnad, lättklinker</i>
Vertikaldränering och dräneringsledningar har förenklats till Ledning av plaströr, dränrör dim 200 mm
<i>Övriga förstärkningsåtgärder</i> under Markarbeten Järnväg antas vara K/C-pelare efter dialog med Trafikverket
<i>Övergångszon i anslutning till Bro/Tunnlar/Bergskärning och ledningar/Kulvertar/Trummor</i> antas vara tätpackad bergkross efter dialog med Trafikverket. Ansätts till Berg Fall B, fyll. Dimensionen antas till ca 1000 m <sup>3</sup> /st.
<i>Plattform</i> har antagits ha en bredd på 3,3 m enligt Klimatkalkylens modell

<i>Plattformstak</i> har antagits vara av konstruktionsstål med vikt 5 kg/m <sup>2</sup>
<i>Trappa</i> antas vara i betong och uppskattas till 10m <sup>3</sup> per trappa enligt dialog med Trafikverket
<i>Ramp</i> har förenklats till plattform med en bredd på 3,3 m enligt Klimatkalkylensmodell modell
<i>Fundament</i> har förenklats till Fundament, kontaktledning
<i>Suicidalstängsel</i> har förenklats till Gallerdurk och antagits ha en höjd på 2 m
Servicevägar, provisoriska väganläggningar, skogsvägar samt räddningsvägar har förenklats till grusvägar
Järnvägsbroar har antagits ha en bredd på 12 m och gjorda för dubbelspår
<i>Vägbro</i> har antagits vara en plattramsbro
<i>Ekodukt</i> har förenklats till G/C-Bro
<i>Stödmur</i> antas ha höjd 4 m i snitt och vara platsgjuten enligt dialog med Trafikverket. Omskalning har gjorts för att passa enhet i klimatkalkyl
<i>Mast (ERTM, SIR)</i> har antagits vara 20 meter enligt dialog med Trafikverket
Odefinierade schakt antagits vara bergschakt
Bergschakt med odefinierad ursprungsplats har antagits vara Fall B
Lining har förenklats till Betong med en tjocklek på 0,5 m och ha en armeringsgrad på 120kg/m <sup>3</sup>
<i>Tunnelbyggnation betongtunnel</i> ingår i typåtgärd för tunnel enligt dialog med Trafikverket har därför uteslutits
Motorväg 21 m har antagits vara en fyrfilig motorväg enligt tabell 1.1-1 i Trafikverkets rapport enligt referens <sup>1</sup>
Vägar på 6 m respektive 4 har förenklats till 6,5 m väg
Antagande om 20 m mellan belysningsstolpar för GC-väg enligt Tabell 2 i Trafikverkets rapport enligt referens <sup>2</sup>
<i>Installationer och Avvattning tunnel</i> ingår i typåtgärd tunnel och har inte beräknats separat
<i>Allmän väg och Ersättningsväg</i> har antagits vara av en längd på 500 m
<i>Spårplatta inklusive räl för fixerat spår på bro</i> angiven i m <sup>3</sup> har antagits varit mängdad med en felaktig enhet. Antagande har gjorts att enhet är spm.
<i>Farbanaplatta/Förstärkningslager tunnel under spårplatta</i> antas vara i betong
Grundförstärkning med betongpålar för broar har ansatts med en schablon om 46 436 m betongpålar per km dubbelspårsbro

<sup>1</sup> [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12056/RelatedFiles/2012\\_179\\_krav\\_for\\_vagar\\_och\\_gators\\_utformning.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12056/RelatedFiles/2012_179_krav_for_vagar_och_gators_utformning.pdf)

<sup>2</sup>

[https://www.trafikverket.se/contentassets/18ab6d1957f04fa49039b11998c7c016/handbok\\_vagbelysning\\_ver\\_14\\_140625.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/18ab6d1957f04fa49039b11998c7c016/handbok_vagbelysning_ver_14_140625.pdf)

## Justeringar i klimatkalkylverktyget

Följande justeringar har gjorts i klimatkalkylverktyget:

- För *Trafikplats mellan* har betong och armering tagits bort i och med att bron ska exkluderas
- Transportavstånd har anpassats när transportavstånd har angetts i underlaget
- Schaktarbeten och kanalisation nollas i typåtgärd för *Bergtunnel dubbelspår* eftersom det har mängdats separat
- Schaktarbeten och kanalisation nollas i typåtgärd för *Tunnel ESP komplett tunnel* eftersom det har mängdats separat
- Schaktarbeten och kanalisation nollas i typåtgärd för *Tunnel DSP komplett tunnel* eftersom det har mängdats separat
- Schaktarbeten och kanalisation nollas i typåtgärd för *Arbets/servicetunnel berg* eftersom det har mängdats separat
- Schaktarbeten och kanalisation i typåtgärd för *Järnvägsbro, betongbalk (dubbelspår)* har nollats eftersom det har mängdats separat.
- Schaktarbeten och kanalisation i typåtgärd för *Järnvägsbro, plattram (dubbelspår)* har nollats eftersom det har mängdats separat.
- Schaktarbeten i typåtgärd för *Vägbro, plattram* har nollats eftersom det har mängdats separat.

## Avgränsning

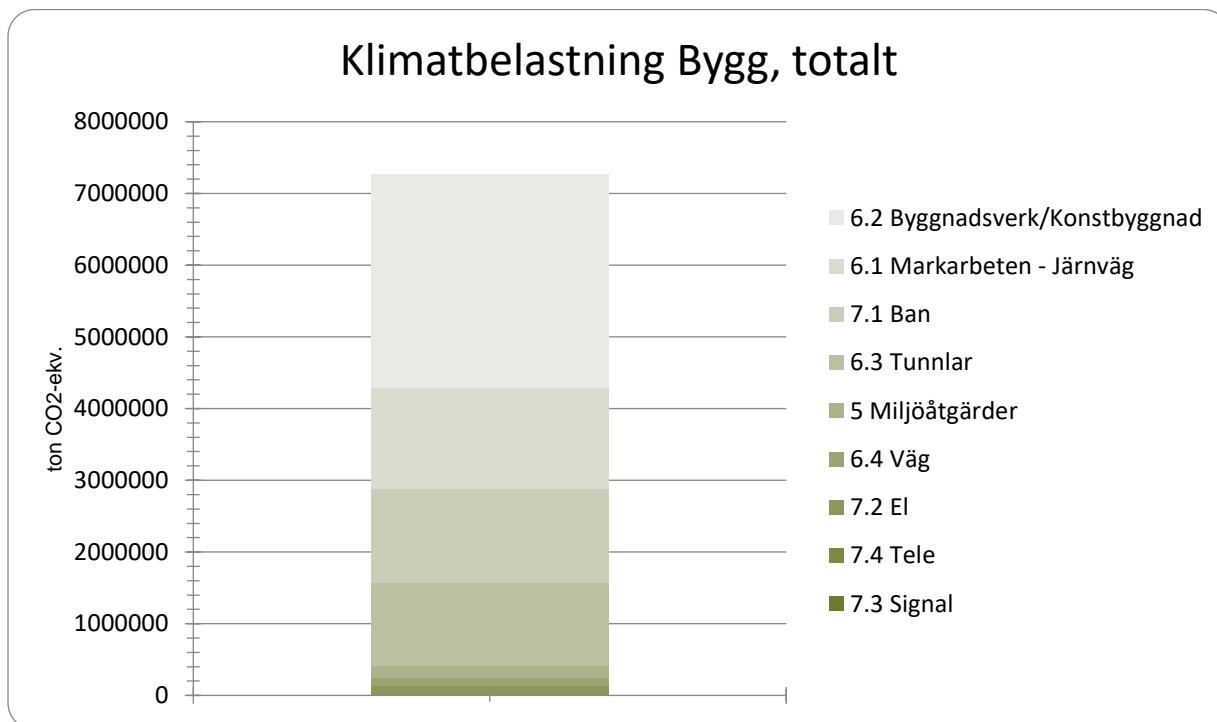
Ett antal saker har uteslutits ur klimatberäkningarna på grund av bristande underlag, endast är kostnadsdrivande poster eller att posterna inte ingår i klimatkalkylverktyget. Dessa poster är:

- Rivning av byggnad då mängder i rätt enhet inte har gått att få in
- Mark- och fastighetsinlösen
- Arkeologi-fältarbeten
- Miljö- och skyddsåtgärder under byggtiden
- Fönster-, fasad-, uteplats- samt vibrationsåtgärder
- Förorenade massor (MKM- och IFA -mängder)
- Skyddsåtgärder vid t ex vattentäkter
- Kompensationsåtgärder
- Förarbeten för schaktarbeten
- Flyttning
- Iordningsställande av ytor
- Avtäckning av ytor
- Tätskikt banktopp
- Entrébyggnader
- Stationsbyggnader
- Plattforminstallationer, hissar, rulltrappor, resandeeinformation
- Provisoriska trafikplaneringar
- Provisoriska BEST arbeten

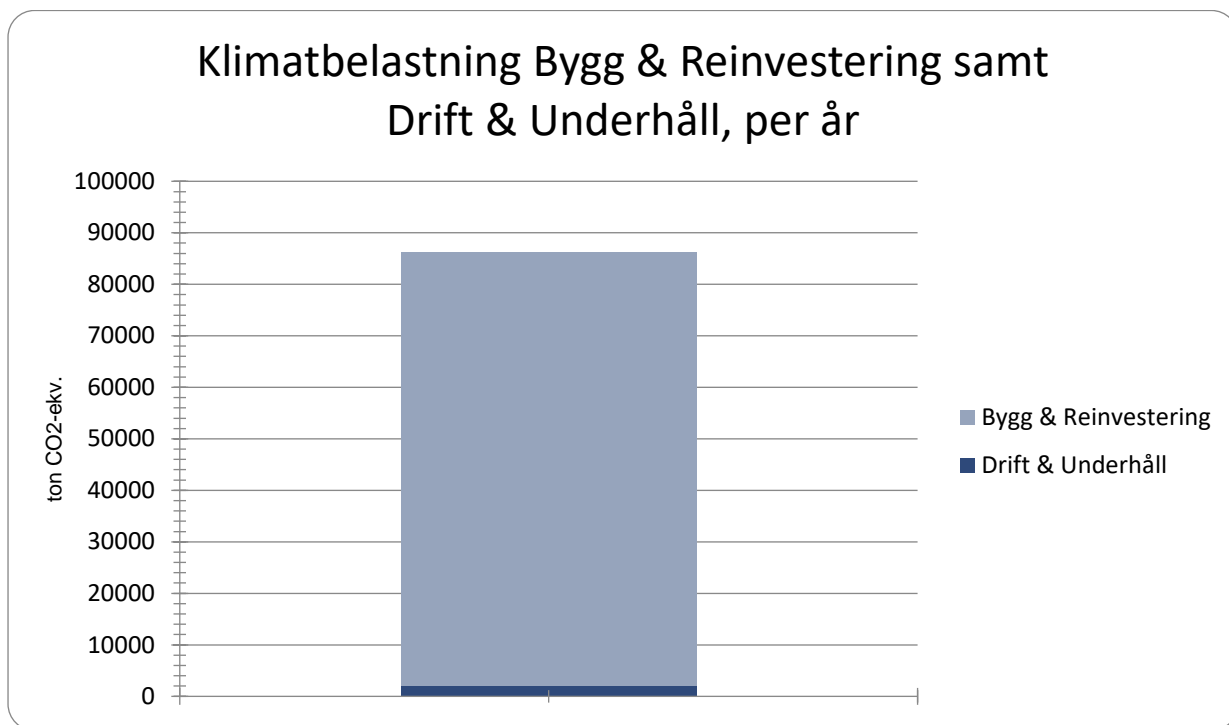
## Resultat

Klimatkalkylens resultatet ses i Figur 1-3 nedan.

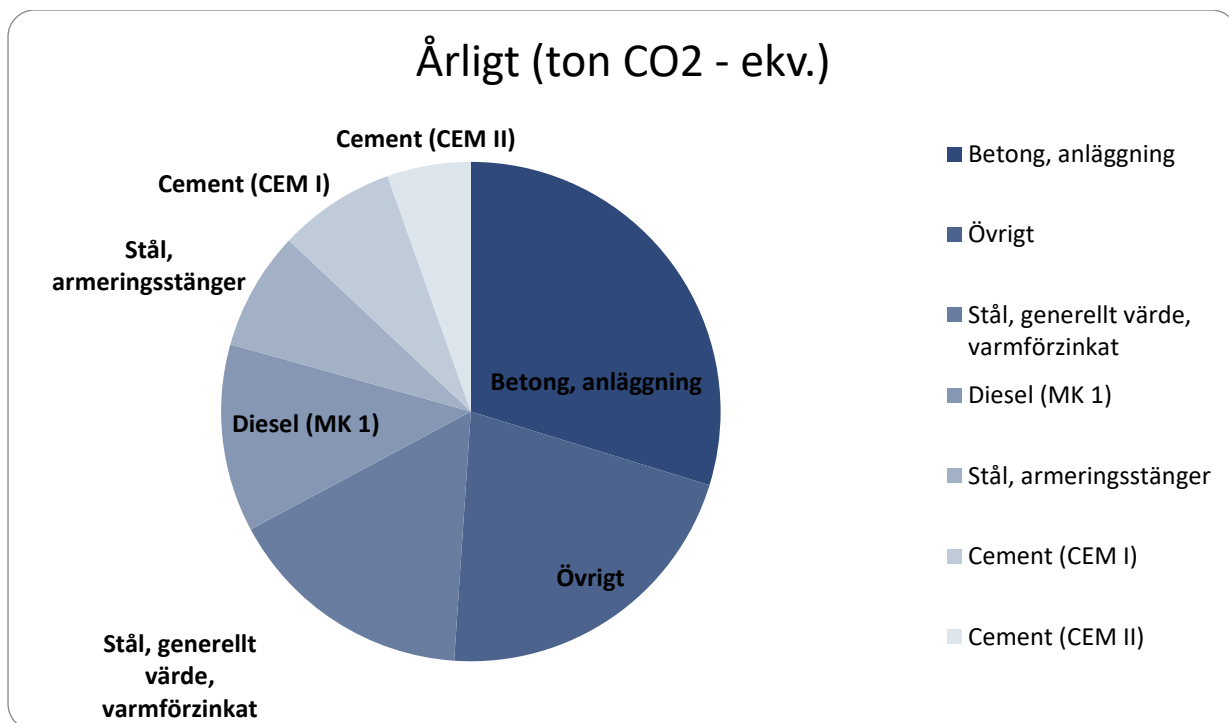
De totala växthusgasutsläppen från anläggandet av Nya stambanor beräknas till 7 273 592 ton koldioxidekvivalenter (Figur 1). Växthusgasutsläppen från drift och underhåll är 84 096 ton koldioxidekvivalenter (Figur 2). Den årliga fördelningen av växthusgaser per resurskategori, sett över anläggningens livstid, redovisas i Figur 3.



Figur 1. Klimatbelastning av Nya stambanor.



Figur 2. Klimatbelastningen från bygg och reinvestering från Nya stambanor.



Figur 3. Årlig fördelning av klimatbelastning per resurskategori från Nya stambanor.



UPPDRAGSNAMN  
NGJ -Reduktionspotential och kostnadsbedömning av  
åtgärder

UPPDRAGSNUMMER  
10306753

FÖRFATTARE  
Susanne Jung

DATUM  
2021-02-05

## BILAGA 2 – ÅTGÄRDSANALYS:ANVÄNDA EMISSIONSFAKTORER OCH RESULTAT

PM REDUKTIONSPOTENTIAL OCH KOSTNADSBEDÖMNING AV KLIMATÅTGÄRDER

Stockholm-Globen 2021-02-05

WSP Sverige AB

Susanne Jung och Stefan Uppenberg

**WSP Sverige AB**

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
**wsp.com**

Denna bilaga beskriver åtgärder och hur de kan implementeras över tid, vilka emissionsfaktorer som ansatts för att analysera åtgärderna i klimatkalkylverket samt resultat från de olika körningarna.

## Åtgärder

De åtgärder som analyseras i utredningen bedöms kunna implementeras i branschen och i projekt stegvis i takt med omställningen som sker i exempelvis cement- och stålindustrin. Tabell 1 visar antaganden om vilka åtgärder och vilken utsträckning som dessa kan implementeras och under vilken period, så kallade scenarion. Graden av implementering av dessa åtgärder har tagits fram för åren 2025, 2030, 2035, 2040 respektive 2045.

Tabell 1. Implementering av åtgärder för reducerad klimatpåverkan genom användning av vägval Electrification and ME pathway. För Cement och Betong används för åren 2025 och 2030 vägval för *Biofuel, CCS and ME pathway*<sup>1</sup>.

Åtgärd	2025	2030	2035	2040	2045
<b>Cement</b>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cementproduktionen (4 resp 5%)</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (20%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-5%)</p>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cementproduktionen (9 resp 10%)</p> <p>CCS i cementproduktionen (58%).</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (25%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-12%)</p>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cementproduktionen (10 resp 16%)</p> <p>CCS i cementproduktionen (58%).</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (28%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-15%)</p> <p>Elektrifiering av cementproduktionen (65%)</p>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cementproduktionen (10 resp 16%)</p> <p>CCS i cementproduktionen (90%).</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (32%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-22%)</p> <p>Elektrifiering av cementproduktionen (65%)</p>	<p>Ökning av biobränsle och alternativa bränslen i cementproduktionen (10 resp 16%)</p> <p>CCS i cementproduktionen (90%).</p> <p>Ökning av alternativa bindemedel (35%)</p> <p>Minskning av andel bindemedel (-28%)</p> <p>Elektrifiering av cementproduktionen (100%)</p>
<b>Betong</b>	Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/optimering (8%)	Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/optimering (15%)	Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/optimering (20%)	Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/optimering (25%)	Enligt Cement ovan samt material-effektivisering/optimering (30%)

<sup>1</sup> Karlsson, I., Toktarova, A., Rootzén, J., Odenberger, M., 2020, Technical Roadmap – Buildings and transport infrastructure, Mistra Carbon Exit

Åtgärd	2025	2030	2035	2040	2045
<b>Armeringsstål</b>	Produktval Elektrifiering av produktionen (38%) Material- effektivisering (5%)	Elektrifiering av produktionen (46%) Material- effektivisering (10%) Plasma- uppvärmning av ugnar i produktionen Lägre utsläpp från el-produktion i Europa Ökad energi- effektivisering i produktion (10%)	Elektrifiering av produktionen (63%) Material- effektivisering (15%) Plasma- uppvärmning av ugnar i produktionen istället för biogas. Lägre utsläpp från el-produktion i Europa Ökad energieffektivisering i produktion (10%)	Elektrifiering av produktionen (84%) Material- effektivisering (20%) Plasma- uppvärmning av ugnar i produktionen istället för biogas. Användning av biokol (50%) Lägre utsläpp från el-produktion i Europa Ökad energieffektivisering i produktion (20%)	Elektrifiering av produktionen (94%) Material- effektivisering (25%) Plasma- uppvärmning av ugnar i produktionen istället för biogas. Användning av biokol (100%) Lägre utsläpp från el-produktion i Europa Ökad energieffektivisering i produktion (20%)
<b>Konstruktions- stål</b>	Ökad materialeffektivitet (10%) Ökad återanvändning/ cirkulära flöden (5%)	Ökning av biomassa som ersätter kol i masugnar (25%) Ökad material- effektivitet (15%) Ökad återanvändning/ cirkulära flöden (10%) Ökad elektrifiering av produktionen (13%)	Ökning av biomassa som ersätter kol i masugnar (30%) Ökad material- effektivitet (20%) Ökad återanvändning/ cirkulära flöden (14%) Ökad elektrifiering av produktionen (23%)	Ökning av vätgas som bränsle i produktion (50%) Ökad material- effektivitet (25%) Ökad återanvändning/ cirkulära flöden (21%) Ökad elektrifiering av produktionen (61%)	Vätgas som bränsle i produktion (100%) Ökad material- effektivitet (30%) Ökad återanvändning/ cirkulära (28%) Ökad elektrifiering av produktionen (99%)



Åtgärd	2025	2030	2035	2040	2045
<b>Asfalt</b>	<p>Biobränsle-konvertering (66%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (40%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (37%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (4%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (5%)</p>	<p>Biobränsle-konvertering (85%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (52%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (45%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (8%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (10%)</p> <p>Elektrifiering av krossverk (3%)</p>	<p>Biobränsle-konvertering (85%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (52%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (50%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (12%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (15%)</p> <p>Elektrifiering av krossverk (4%)</p>	<p>Biobränsle-konvertering (85%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (52%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (55%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (15%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (20%)</p> <p>Elektrifiering av krossverk (5%)</p>	<p>Biobränsle-konvertering (85%)</p> <p>Emissions-reduktioner från biobränsle (52%)</p> <p>Återanvändning/ användning av alternativa material (60%)</p> <p>Effektivisering i anläggningsmetod (lågtemperering) (15%)</p> <p>Ökad material-effektivisering från optimering och återanvändning (25%)</p> <p>Elektrifiering av krossverk (5%)</p>
<b>Arbetsmaskiner</b>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (8%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (42%)</p> <p>Ökad elektrifiering (5%)</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (14%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (75%)</p> <p>Ökad elektrifiering (9%)</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (17%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (76%)</p> <p>Ökad elektrifiering (24%)</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (16%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (59%)</p> <p>Ökad elektrifiering (41%)</p>	<p>Ökad effektivisering/ minskad bränsleåtgång (16%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle, övergång till HVO (50%)</p> <p>Ökad elektrifiering (50%)</p>

Åtgärd	2025	2030	2035	2040	2045
<b>Material och mass-transporter</b>	<p>Ökad effektivisering/            minskad bränsleåtgång (5%)            genom sparsam körning och effektiva fordon</p> <p>Ökning av andel biobränsle,            övergång till HVO (42%)</p> <p>Ökad elektrifiering (5%)</p>	<p>Ökad effektivisering/            minskad bränsleåtgång (10%) genom sparsam körning, effektiva fordon och ökad logistikplanering</p> <p>Ökning av andel biobränsle,            övergång till HVO (63%)</p> <p>Ökad elektrifiering (20%)</p>	<p>Ökad effektivisering/            minskad bränsleåtgång (15%) genom sparsam körning, effektiva fordon och ökad logistikplanering</p> <p>Ökning av andel biobränsle,            övergång till HVO (70%)</p> <p>Ökad elektrifiering (30%)</p>	<p>Ökad effektivisering/            minskad bränsleåtgång (23%) genom sparsam körning, effektiva fordon och ökad logistikplanering</p> <p>Ökad hybridisering av fordonsflotta (25%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle,            övergång till HVO (55%)</p> <p>Ökad elektrifiering (45%)</p>	<p>Ökad effektivisering/            minskad bränsleåtgång (23%) genom sparsam körning, effektiva fordon och ökad logistikplanering</p> <p>Ökad hybridisering av fordonsflotta (25%)</p> <p>Ökning av andel biobränsle,            övergång till HVO (40%)</p> <p>Ökad elektrifiering (60%)</p>

## Emissionsfaktorer

Tabell 2 utgör underlag för de körningar som gjorts i klimatkalkylmodellen för Nya stambanor för att analysera reduktionspotentialen av klimatpåverkan, så kallade scenarion. De procentuella förändringarna per åtgärdskategori och över tid är hämtade från de analyser av reduktionspotential som gjorts inom ramen för Mistra Carbon Exits roadmap för bygg- och transportinfrastruktur<sup>2</sup> och dessa sammanfattas i Tabell 1. De olika posternas emissionsfaktorer för utgångsläget ses i Tabell 3 och är hämtade från Trafikverkets klimatkalkylverktyg. Dessa emissionsfaktorer är de som använts för att ta fram hur emissionsfaktorerna förändras över tid (Tabell 2) baserat på den procentuella förändringen som anges i Tabell 2, som i sin tur baseras på den procentuella förändringen av samtliga åtgärder (Tabell 1) inom varje åtgärdskategori (exempelvis summeringen av elektrifiering, materialeffektivisering och biobränsle).

Tabell 2. Omräknade emissionsfaktorer som använts för att analysera reduktionspotentialen över tid, s.k. scenarion.

Åtgärdskategori	2025	2030	2035	2040	2045	Kommentar
<b>Betong/ cementprodukter</b>						
<i>Procentuell förändring</i>	-20%	-73%	-81%	-100%	-100%	
Betong emissionsfaktor	0,132	0,045	0,032	0,000	0,000	
Cement emissionsfaktor	0,692	0,23	0,17	0,00	0,00	CEM I och CEM II
Kalk emissionsfaktor	1,15	0,39	0,28	0,00	0,00	
Slipers emissionsfaktor	0,1338	0,0467	0,0321	0,0003	0,0001	Slipers innefattar 5% armering, 95% betong. Emissionsfaktorn är beräknad utifrån scenario för dessa två.
<b>Armeringsstål</b>						
<i>Procentuell förändring</i>	-37%	-64%	-85%	-97%	-99%	
Armeringsstål emissionsfaktor	0,442	0,255	0,102	0,024	0,005	
<b>Konstruktionsstål</b>						
<i>Procentuell förändring</i>	-15%	-34%	-47%	-77%	-99%	
Konstruktionsstål emissionsfaktor	1,88	1,46	1,17	0,51	0,01	

<sup>2</sup> Karlsson, I., Toktarova, A., Rootzén, J., Odenberger, M., 2020, Technical Roadmap – Buildings and transport infrastructure, Mistra Carbon Exit

Åtgärdskategori	2025	2030	2035	2040	2045	Kommentar
<b>Stål, generellt värde, varmförzinkat</b>						
<i>Procentuell förändring</i>	-15%	-34%	-47%	-77%	-99%	
Stål, generellt värde, varmförzinkat emissionsfaktor	2,22	1,72	1,38	0,60	0,02	
<b>Asfalt</b>						
<i>Procentuell förändring</i>	-41%	-57%	-61%	-64%	-67%	
Asfalt emissionsfaktor	0,029	0,021	0,019	0,018	0,016	
<b>Arbetsmaskiner/ materialtransporter/anläggningsprocess</b>						
<i>Procentuell förändring arbetsmaskiner/materialtransporter</i>	-32%	-71%	-87%	-89%	-91%	Används som medelvärde för bränsle
Arbetsmaskiner/ materialtransporter emissionsfaktor	1,91	0,82	0,35	0,30	0,26	Används som medelvärde för bränsle
<i>Procentuell förändring materialtransporter</i>	-34%	-73%	-89%	-92%	-93%	Används som medelvärde för bränsle
Materialtransporter emissionsfaktor	1,85	0,77	0,30	0,23	0,18	Används som medelvärde för bränsle
<i>Procentuell förändring anläggningsprocess</i>	-31%	-70%	-86%	-88%	-89%	Används som medelvärde för bränsle
Anläggningsprocess emissionsfaktor	1,94	0,85	0,39	0,34	0,30	Används som medelvärde för bränsle
Bränsle (diesel MK1) emissionsfaktor	1,90	0,81	0,35	0,29	0,25	Emissionsfaktorn för diesel beräknas utifrån ett medelvärde av scenarion för arbetsmaskiner, transporter och anläggningsprocessen.
Krossmaterial emissionsfaktor	0,0028	0,0012	0,0006	0,0005	0,0004	Emissionsfaktorn för krossmaterial antas följa scenario för anläggningsprocessen

Åtgärdskategori	2025	2030	2035	2040	2045	Kommentar
<b>EI</b>						
El emissionsfaktor	0,034	0,025	0,017	0,008	0,003	Trafikverkets ursprungsmärkta el antas följa elbranschens omställning från år 2040. Elbranschens omställning till klimatneutralitet har antagits vara linjär fram till 2045 då den enligt Energimyndigheten ska vara nästintill klimatneutral

Tabell 3. Emissionsfaktorer i Trafikverkets klimatkalkylmodell version 7.

Post	Emissionsfaktor	
<b>Betong</b>	0,166	kg CO2e/kg
<b>Cement (CEM I)</b>	0,87	kg CO2e/kg
<b>Kalk</b>	1,45	kg CO2e/kg
<b>Slipers ( armering 5 %, 95 % betong)</b>	0,17	kg CO2e/kg
<b>Armeringsstål</b>	0,7	kg CO2e/kg
<b>Konstruktionsstål</b>	2,2	kg CO2e/kg
<b>Stål, generellt värde, varmförzinkat</b>	2,6	kg CO2e/kg
<b>Asfalt</b>	0,049	kg CO2e/kg
<b>Diesel</b>	2,8	kg CO2e/l
<b>EI</b>	0,054	kg CO2e/kWh
<b>Krossmaterial</b>	0,004	kg CO2e/kg

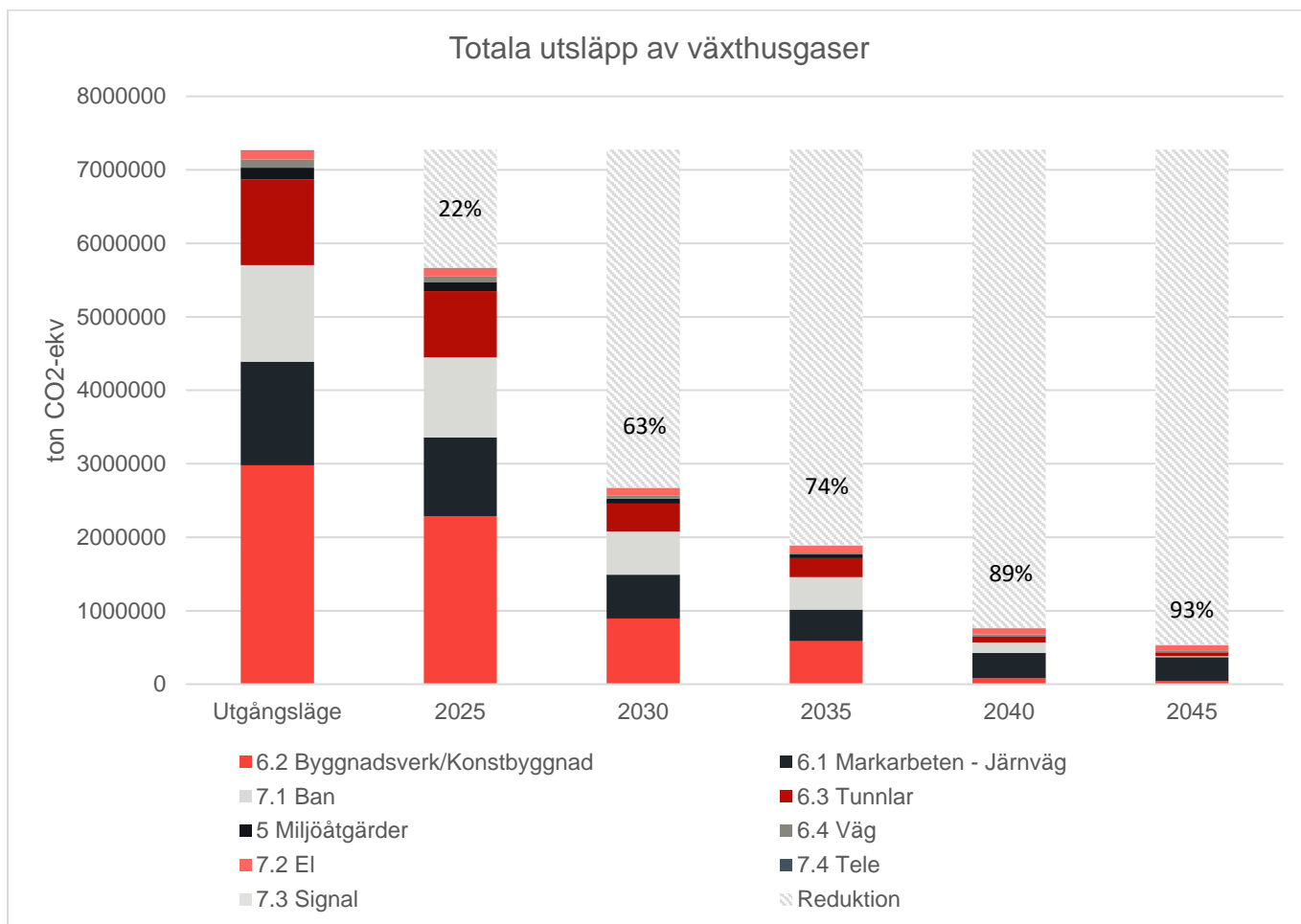
## Resultat av analys

Samtliga körningar i klimatkalkylen, genom korrigerig av emissionsfaktorer för de olika årtalen i Tabell 3, redovisas i Tabell 4. Figur 1 visar den totala klimatpåverkan i koldioxidekvivalenter fördelat per kalkylblock. Som komplement till Figur 1 redovisas den totala klimatpåverkan också fördelat över ingående resurser/material. De materialslag eller den resurskategori som bidrar med högst klimatpåverkan vid anläggandet av Nya stambanor ses i Figur 2-7.

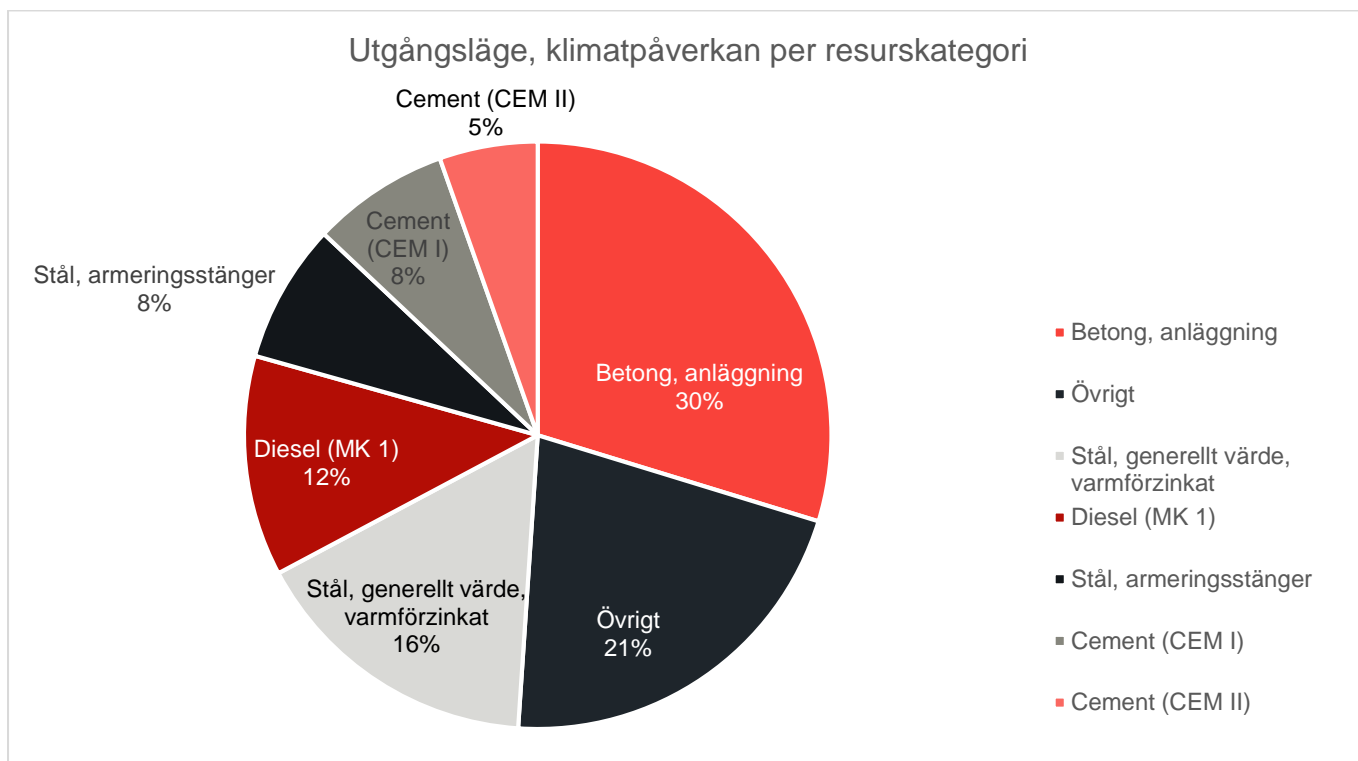
Tabell 4 visar det procentuella bidraget till reduktionspotentialen från respektive resurskategori där åtgärder har analyserats, baserat på ingående mängder för Nya stambanor.

Tabell 4. Reduktionspotential per resurskategori för respektive år.

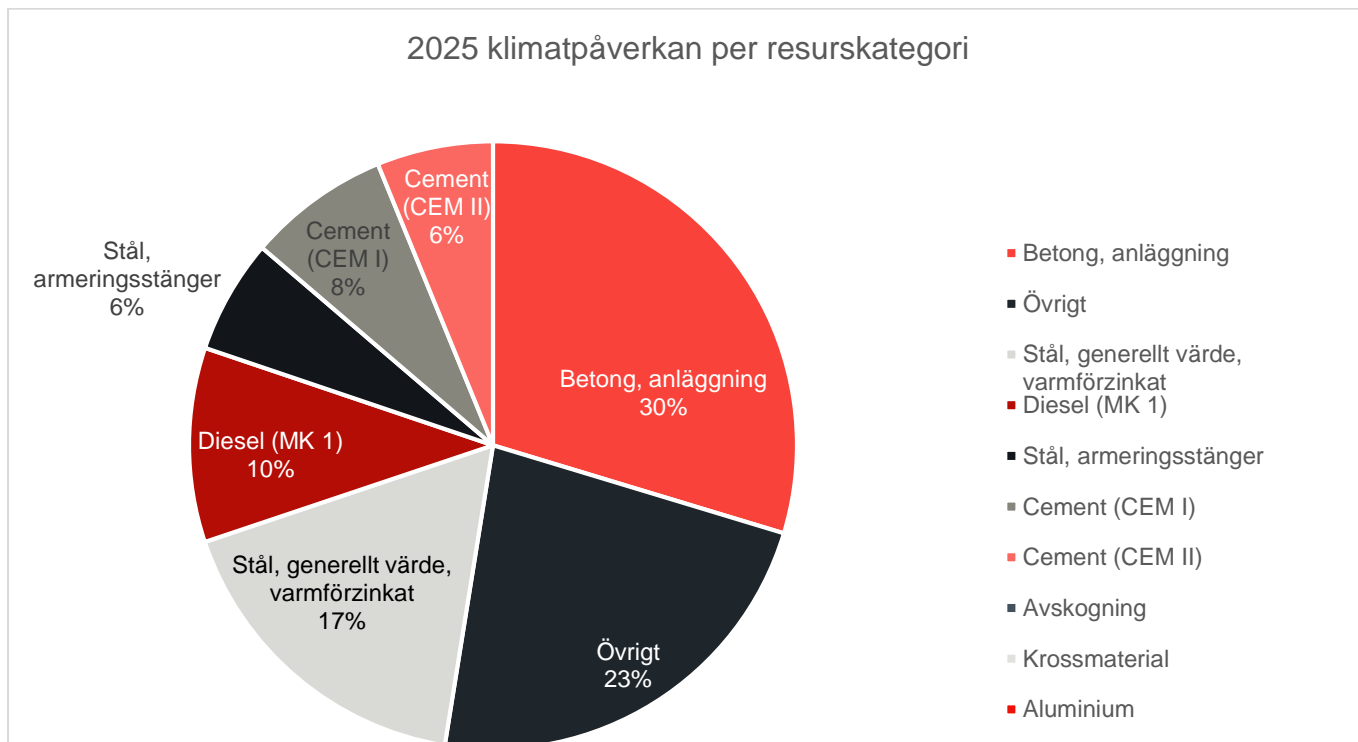
Åtgärdskategori	2025	2030	2035	2040	2045
Anläggningsbetong	7%	25%	28%	34%	34%
Maskiner, arbetsprocess, transport	6%	14%	17%	18%	19%
Armeringsstål	3%	5%	7%	8%	8%
Cement	2 %	9%	10%	13%	13%
Stål, varmförzinkat (råls)	1%	3%	4%	7%	9%
Kalk	1%	5%	6%	7%	7%
Konstruktions-stål	0%	1%	1%	2%	3%
Asfalt	0%	0%	0%	0%	0%
Slipers (armering+betong)	0%	0%	1%	1%	1%
EI*	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Totalt</b>	<b>22%</b>	<b>63%</b>	<b>74%</b>	<b>90%</b>	<b>93%</b>



Figur 1. Totala utsläpp av växthusgasutsläpp i ton koldioxidekvivalenter vid implementering av åtgärder och emissionsfaktorer enligt Tabell 2, samt mängder för Nya stambanor. Utsläppen redovisas per kalkylblock.

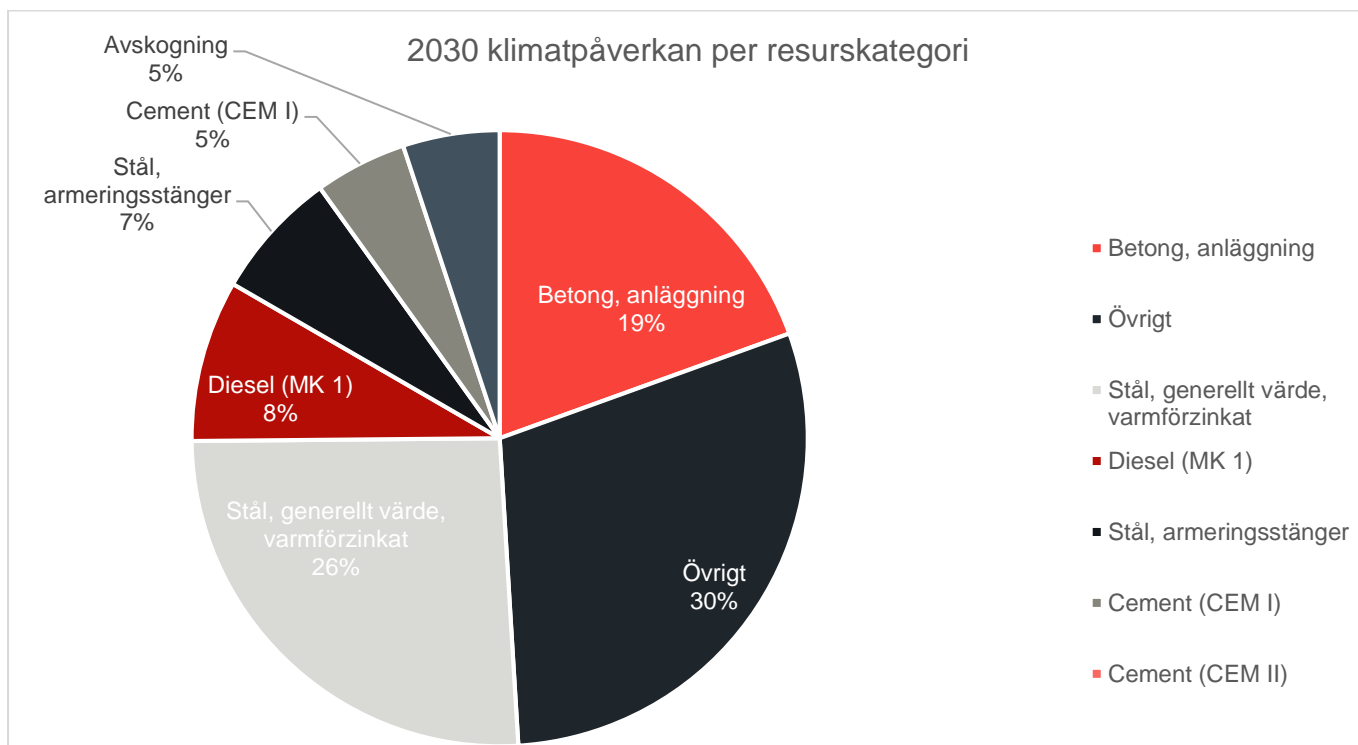


Figur 2. Fördelning av totalt klimatpåverkan per resurskategori för utgångsläget. Övrigt innehåller bland annat sprängämne, konstruktionsstål, övriga metaller, asfalt, plast, sliprar, krossmaterial och avskogning.

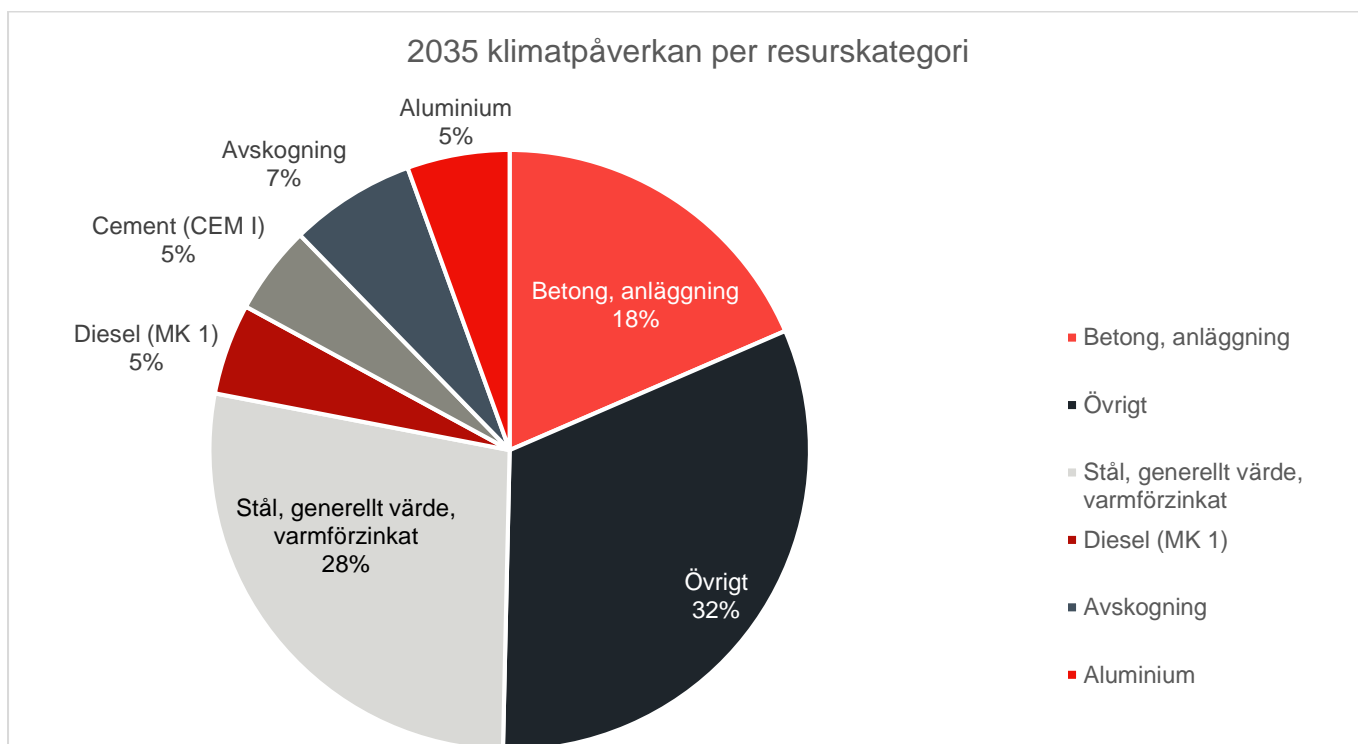


Figur 3. Fördelning av klimatpåverkan per resurskategori år 2025. Övrigt innehåller bland annat andra sliprar, konstruktionsstål, krossmaterial, avskogning, övriga metaller, plast, asfalt och sprängämnen.

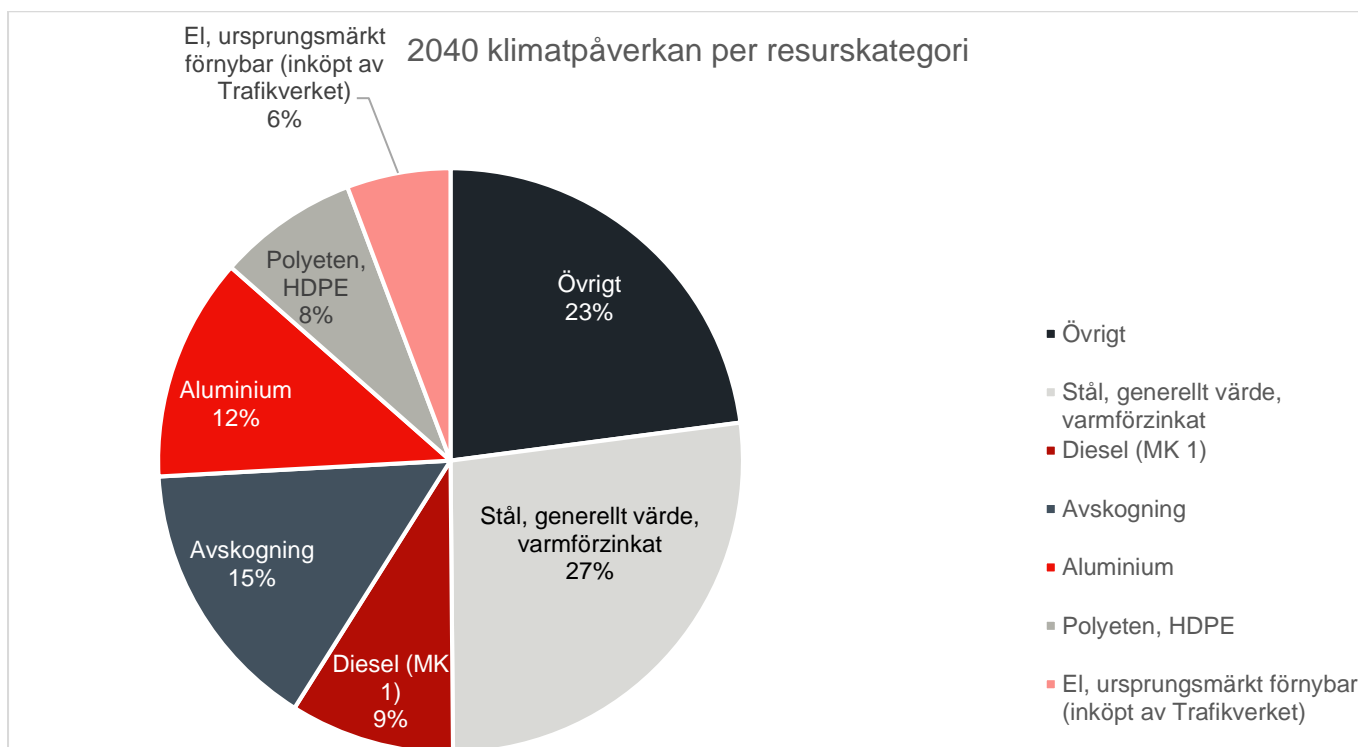




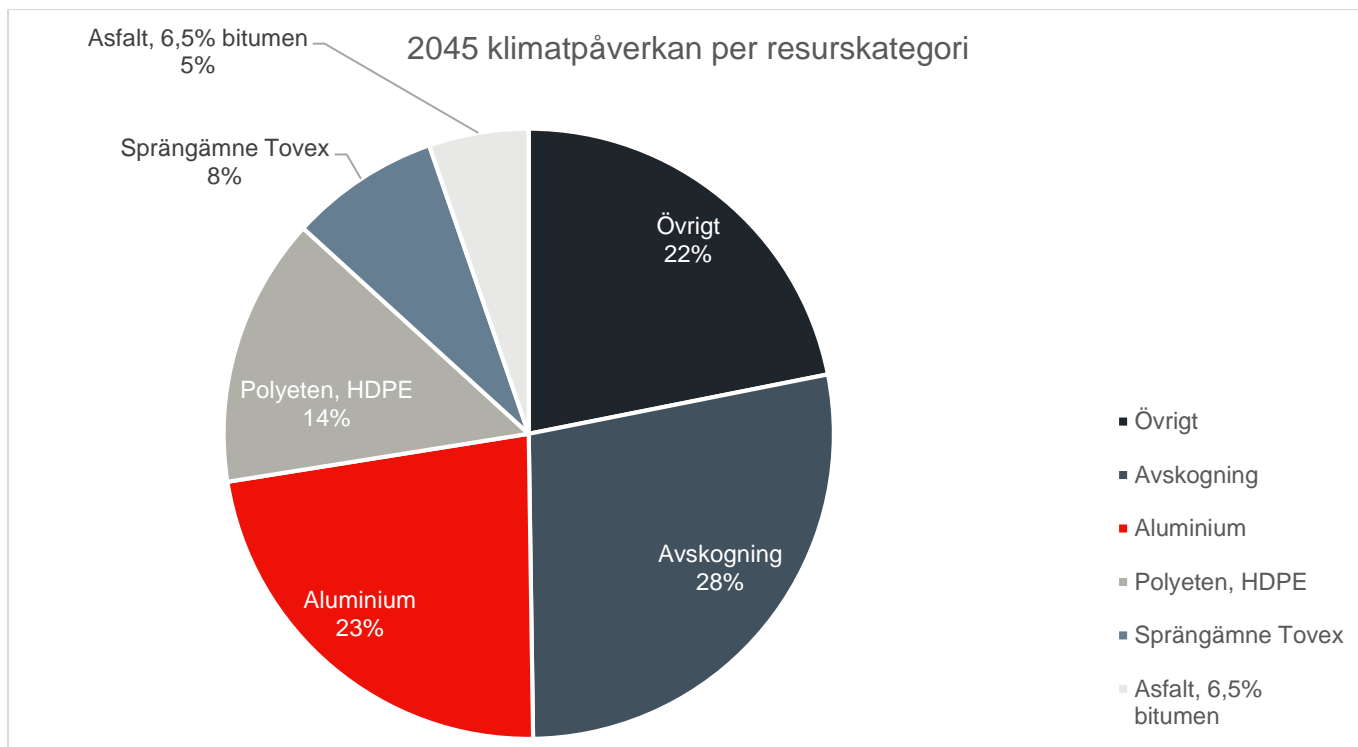
Figur 4. Fördelning av klimatpåverkan per resurskategori år 2030. Övrigt innehåller bland annat andra metaller, plast, asfalt, krossmaterial, sliprar och sprängämnen.



Figur 5. Fördelning av klimatpåverkan per resurskategori år 2035. Övrigt innehåller bland annat sprängmedel, plast, asfalt och övriga metaller.



Figur 6. Fördelning av klimatpåverkan per resurskategori år 2040. Övrigt innehåller bland annat sprängmedel, asfalt och andra metaller.



Figur 7. Fördelning av klimatpåverkan per resurskategori år 2045. Övrigt innehåller bland annat bränsle, energianvändning och andra metaller