

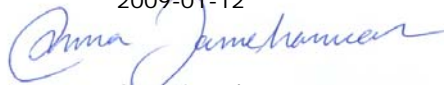
Kompletterande underlag för
tillåtlighetsprövning
- en översiktlig miljöstudie av
väginfrastrukturen i projekt
Förbifart Stockholm

Håkan Stripple

2009-01-12

Arkivnummer: U2380

Rapporten godkänd
2009-01-12



Anna Jarnehammar
Avdelningschef

IVL Svenska
Miljöinstitutet

Box 21060, SE-100 31 Stockholm
Valhallavägen 81, Stockholm
Tel: +46 (0)8 598 563 00
Fax: +46(0)8 598 563 90

www.ivl.se

Box 5302, SE-400 14 Göteborg
Aschebergsgatan 44, Göteborg
Tel: +46 (0)31 725 62 00
Fax: + 46 (0)31 725 62 90

Förord

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Vägverket genomfört föreliggande studie rörande översiktlig beräkning av Förbifart Stockholms energianvändning och koldioxidutsläpp under byggskedet och från drift och underhåll av anläggningen.

Förbifart Stockholm är en planerad trafikled mellan Kungens kurva och Häggvik norr om Stockholm. Den nya förbindelsen skall knyta samman de norra och södra länsdelarna. Totalt blir den nya sträckningen cirka 21 km, av vilka 16-17,5 km planeras att gå i tunnel. Projektet Förbifart Stockholm är under planering och i samband med tillåtlighetsprövningen av projektet har det befunnits nödvändigt att ta fram grundläggande miljöinformation rörande byggnation, drift och underhåll av den tilltänkta vägsträckningen. Genomförandetiden som stått till förfogande för denna utredning har varit kort varför endast basal information har varit möjlig att ta fram och informationen har fokuserats på den av Regeringen efterfrågade miljöinformationen vilket i detta fall har varit emissionen av växthusgasen koldioxid (CO₂) samt energisituationen.

Planeringen av projekt Förbifart Stockholm genomförs av Vägverket med hjälp av ett konsortium av underkonsulter. Till den föreliggande studien har en arbetsgrupp varit knuten för styrning av arbetet, teknisk information om projektet och för datainsamling åt projektet. Hela arbetsgruppen har bestått av följande personer:

Marie Westin (Vägverket)
Marianne Klint (Tyréns AB)
Bengt Niklasson (Geosigma)
Håkan Stripple, (IVL Svenska Miljöinstitutet)

Av skrivtekniska skäl anges stora tal med tiopotenser i diagrammen. Dessa skrivs med datorformat i diagrammen på formen x.xxE+00x vilket står för x.xx 10^x. Exempelvis blir 2.39E+009 i vanlig matematisk potensform 2.39 10⁹ vilket är lika med 2 390 000 000.

Göteborg, januari 2009

Håkan Stripple

Sammanfattning

Förbifart Stockholm är en planerad trafikled mellan Kungens kurva och Häggvik norr om Stockholm. Den nya förbindelsen skall knyta samman de norra och södra länsdelarna. Totalt blir den nya sträckningen cirka 21 km, av vilka 16-17,5 km planeras att gå i tunnel. Förbifart Stockholm utformas med två separata tunnelrör och får motorvägsstandard med tre körfält i vardera riktningen. I samband med tillåtlighetsprövningen och i samband med en kommande miljökonsekvensbeskrivning (MKB) behöver en mängd olika miljödata tas fram för det föreliggande infrastrukturprojektet. Bland dessa data finns miljödata för byggnationsarbetet av Förbifart Stockholm med dess olika delar (motorvägar, tunnlar, broar, trafikplatser) samt drift och underhåll för anläggningen under dess livstid. Den föreliggande studien utgör ett kompletterande underlag för tillåtlighetsprövningen och omfattar energianvändningen (el- och dieselförbrukningen) och emissionen av fossilbaserad koldioxid för anläggningen under dess ekonomiska livslängd som antagits vara 60 år. Den tekniska livslängden kan dock vara betydligt längre. Beräkningar av detta slag är relativt komplexa och metodiken för sådana beräkningar är inte speciellt välutvecklade i världen. IVL Svenska Miljöinstitutet har emellertid arbetat med dessa frågor sedan början av 1990-talet och utvecklat en datormodell för väg. Kompletta simuleringsmodeller saknas dock. Detta medför vissa osäkerheter i resultaten.

I figur A visas energianvändningen (elenergi och råoljeåtgången för dieselanvändningen) för Förbifart Stockholm uppdelat på byggnation, drift och underhåll. Som framgår av figuren så är förbrukningen av elenergi för driften av tunnelarna dominerande. Denna förbrukning är en beräkning som bygger på data från Södra länken i Stockholm. Energianvändningen härrör till stor del från ventilationen av tunnelarna, från pumpning av inläckande vatten och från belysning. Beräkningarna bygger på dagens förhållande. Hur teknikutvecklingen ser ut under 60 år är en osäkerhet som är mycket svår att bedöma. Andelen el-/hybridbilar kan t.ex. öka vilket medför ett minskat behov av tunnelventilation. Trafikmängden kan också förändras vilket påverkar energianvändningen i tunnelarna. Byggnation och underhåll svarar för en betydligt mindre del av energianvändningen men osäkerheterna är förhållandevis stora. Den totala energianvändningen (el och råolja) för Förbifart Stockholm under 60 år har uppskattats till ca $1,64 \cdot 10^{10}$ MJ (4600 GWh)¹. För att få en uppfattning om storleksordningen av denna energimängd kan som jämförelse sägas att denna energimängd skulle räcka till ca 5100 moderna villor (med dagens standarteknik) under 60 år.

Den totala emissionen av koldioxid under 60 år för byggnation, drift och underhåll framgår av figur B. Som framgår visar byggnationsfasen på den största emissionen av koldioxid medan driften nu spelar en betydligt mindre roll än vid energijämförelsen. Detta beror på att driftfasens energianvändning baseras på elenergi med låg emissionsfaktor² för koldioxid medan byggnationsfasen utgörs av dieselanvändning i olika fordon och maskiner vilka genererar mera koldioxid per energienhet. Den totala emissionen av fossilbaserad koldioxid under 60 år har uppskattats till ca 254 000 ton. Under de ca 8 byggnationsåren blir koldioxidutsläppen ca 16 100 ton årligen. Under drifttiden (inkluderat drift och underhåll) beräknas medelemissionen av koldioxid ligga på ca 2400 ton årligen.

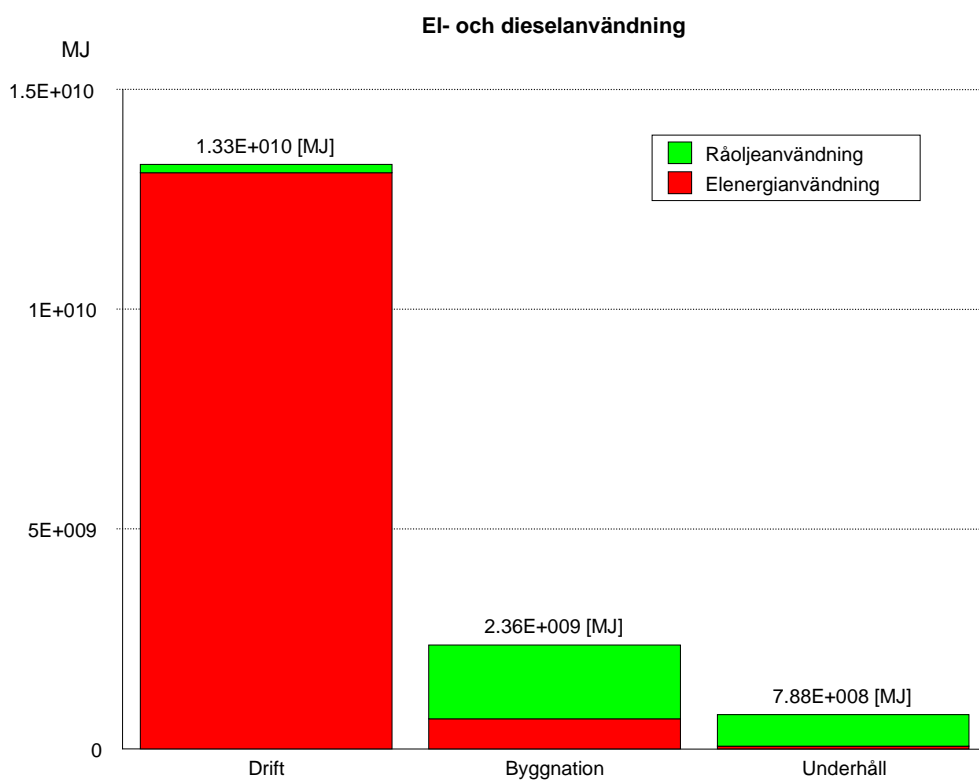
Som en jämförelse kan sägas att koldioxidemissionen för Stockholms län under år 2006 uppgick till 5 256 000 ton. Koldioxidemissionen från vägtrafiken respektive arbetsmaskiner var 2 438 000 ton respektive 159 100 ton år 2006 för Stockholms län. Sveriges totala fossilbaserade koldioxidutsläpp

¹ 1 kWh=3,6 MJ

² Dagens svenska medeleproduktion har här använts vid beräkningarna av koldioxidemissionen. Kommentarer och jämförelser till detta val finns i rapporten.

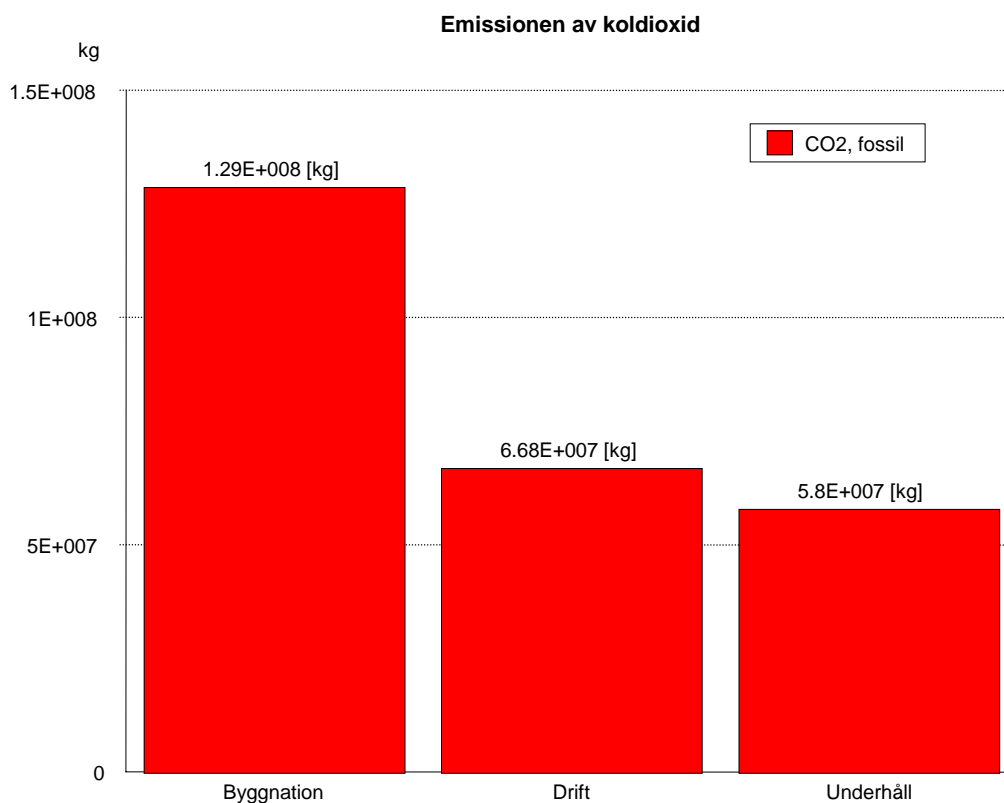
år 2006 var 51,5 miljoner ton. För att få en visuell uppfattning om storleksordningarna av koldioxidemissionerna från Förbifart Stockholm visas i figur C en jämförelse mellan några av koldioxidemissionerna. Trafikemissionerna i Stockholms län jämförs här med de beräknade totalemmissionerna från Förbifart Stockholm. Jämförelsen baseras på en 60-årig beräkningsperiod även för trafiken och dagens trafikförhållande har antagits för hela beräkningsperioden. Beräkningarna för Förbifart Stockholm presenteras med två olika produktionsmetoder för elkraft. Den 60-åriga beräkningsperioden används endast av beräkningstekniska skäl för att en jämförelse skall vara möjlig att göra. Studien gör inga anspråk på att kunna förutsäga de exakta förhållanden som kommer att råda under de närmaste 60 åren.

Projekt Förbifart Stockholm kommer under byggskedet att generera stora mängder sprängsten (ca 18.1 miljoner ton). Marknaden för stenmaterial i Stockholmregionen har de senaste åren varit 4-5 miljoner ton så den producerade mängden stenmaterial från Förbifart Stockholm kommer att utgöra en betydande mängd för regionen under flera år. Detta innebär också en viss besparing då man inte behöver utnyttja befintliga bergtäkter i samma utsträckning under ett antal år. Detta medför också att man kan undvika en del energianvändning och koldioxidemissioner som annars skulle uppstå i bergtäkterna. En beräkning av dessa besparingar har gjorts med följande resultat: fossil CO₂ 29340 ton, råolja 3,645 10⁸ MJ och elanvändning 77 000 MJ. Jämförs dessa emissioner med de beräknade värdena för byggnationen av Förbifart Stockholm ger detta en besparing av fossil CO₂ med 23 %, av råolja med 22 % och av elenergi med 0,01 %.

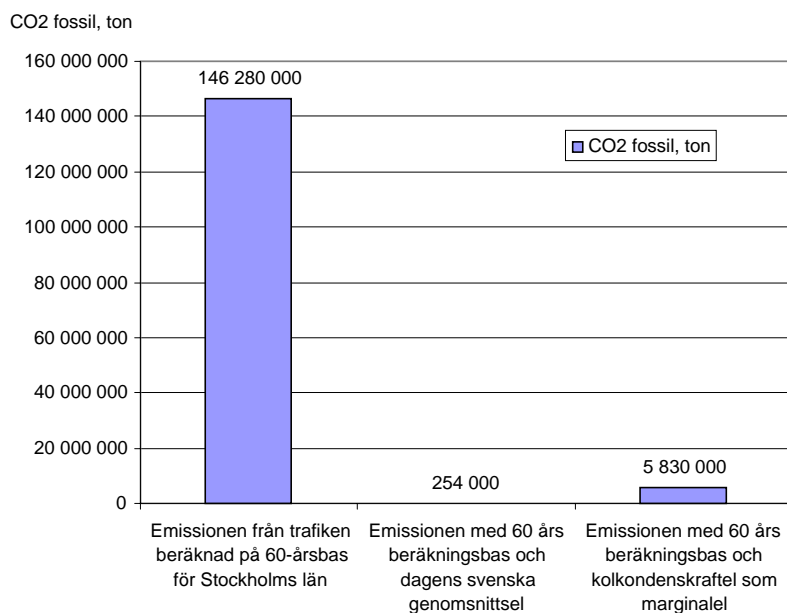


Figur A El- och diesel förbrukningen för hela Förbifart Stockholm under 60 år uppdelat på faserna byggnation, drift och underhåll. Diesel förbrukningen är räknad som resursförbrukning av råolja inkluderande raffinering och distribution.³

³ Av skrivtekniska skäl anges stora tal med tiopotenser i diagrammen. Dessa skrivs med datorformat i diagrammen på formen x.xxE+00x vilket står för x.xx 10^x. Exempelvis blir 2.39E+009 i vanlig matematisk potensform 2.39 10⁹ vilket är lika med 2 390 000 000.



Figur B Emissionen av koldioxid för hela Förbifart Stockholm under 60 år uppdelat på faserna byggnation, drift och underhåll. Dagens svenska genomsnittselproduktion har använts vid beräkningarna.



Figur C Jämförande figur visande storleksordningar för olika emissioner av koldioxid i Stockholms län. De två emissionsfallen för Förbifart Stockholm med olika elproduktion jämförs med emissionen från trafiken i Stockholms län.

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| Förord | 2 |
| Sammanfattning..... | 3 |
| 1 Inledning och bakgrund | 8 |
| 2 Teknisk bakgrundsbeskrivning av projekt Förbifart Stockholm | 8 |
| 2.1 Vägsträckning och avstånd | 8 |
| 2.2 Teknisk specifikation av vägen med anslutningsbroar..... | 9 |
| 2.3 Teknisk specifikation av tunnlarna..... | 10 |
| 3 Beskrivning av analyserna och dess omfattning..... | 12 |
| 4 Resultat från analyserna av Förbifart Stockholm | 15 |
| 4.1 Byggnation..... | 15 |
| 4.1.1 Energianvändning (el- och dieselförbrukning) | 15 |
| 4.1.2 Koldioxidemissioner | 16 |
| 4.2 Drift..... | 17 |
| 4.2.1 Energianvändning (el- och dieselförbrukning) | 17 |
| 4.2.2 Koldioxidemissioner | 20 |
| 4.3 Underhåll | 22 |
| 4.3.1 Energianvändning (el- och dieselförbrukning) | 22 |
| 4.3.2 Koldioxidemissioner | 23 |
| 4.4 Övergripande resultatsammanställning..... | 24 |

Bilaga 1. Livscykelanalys (LCA) - en översikt

1 Inledning och bakgrund

Förbifart Stockholm är en planerad trafikled mellan E4/E20 vid Kungens kurva i söder och Häggvik norr om Stockholm. Den nya förbindelsen skall knyta samman de norra och södra länsdelarna. Totalt blir den nya sträckningen cirka 21 km av vilka 16-17,5 km går i tunnel. Förbifart Stockholm utformas med två separata tunnelrör och får motorvägsstandard med tre körfält i vardera riktningen.

I samband med tillåtlighetsprövningen och i samband med en kommande miljökonsekvensbeskrivning (MKB) behöver en mängd olika miljödata tas fram för det föreliggande infrastrukturprojektet. Bland dessa data finns miljödata för byggnationsarbetet av själva vägprojektet med dess olika delar (motorvägar, tunnlar etc.) samt drift och underhåll för anläggningen under dess livstid. Miljödata för byggnation av väginfrastrukturer är inte så välutvecklat och ett relativt nytt område men inom vissa delar finns generella miljödata framtagna. IVL Svenska miljöinstitutet har bl.a. på uppdrag av Vägverket gjort en livscykelanalysstudie inkluderande en datormodell för vägbyggnation⁴. Däremot finns inte mycket miljödata för tunnel och brobyggnation. Som framgått ovan så innehåller projektet ”Förbifart Stockholm” en betydande mängd tunnlar. I samband med tillåtlighetsprövningen har IVL Svenska miljöinstitutet blivit ombedd av Vägverket att ta fram miljödata för byggnationen, driften och underhållet av vägen och vägtunnlarna i projektet ”Förbifart Stockholm”.

2 Teknisk bakgrundsbeskrivning av projekt Förbifart Stockholm

2.1 Vägsträckning och avstånd

Vägsträckningen Förbifart Stockholm går i mycket stor omfattning genom tunnlar. Av den totala vägsträckningen på 21 km planeras 16-17,5 km att gå genom tunnlar. Dessa tunnlar går dessutom relativt djupt. En osäkerhet i dagsläget är konstruktionen av övergången norr om Lovön. Två alternativ finns här – bro eller tunnel. En bro är i dagsläget ett troligt alternativ men modeller för miljöberäkningar av broar saknas. I detta projekt har ett tunnelalternativ antagits av tids- och beräkningstekniska skäl men för driften av tunnlar har en tunnellängd om 16 km använts för att bättre spegla en framtida teknisk lösning. De anslutningsbroar som nämns i studien avser mindre broar och andra anläggningar utmed hela vägsträckningen vilka ingår i det övergripande trafiksystemet och således ej en tänkt bro norr om Lovön. En karta över vägsträckningen visas i figur 1.

⁴ Stripple Håkan., Life Cycle Assessment of Road - A Pilot Study for Inventory Analysis, second revised edition., IVL B1210E, (2001).



Figur 1 Tilltänkt vägsträckning för Förbifart Stockholm. Källa: Vägverket.

2.2 Teknisk specifikation av vägen med anslutningsbroar

Huvudvägen är konstruerad som en motorväg med tre filer i vardera riktningen. Därtill kommer flera av- och påfarter samt en hel del trafikplatser och anslutningsbroar längs hela vägsträckningen. För att modellera dessa i datormodellen (LCA-väg modellen⁵) har två typkonstruktioner av väg använts, en 14 m bred väg för huvudvägen och en 7 m bred väg för övriga vägar (på- och avfarter, trafikplatser m.m.). Samtliga vägar har asfaltbeläggning. En typisk uppbyggnad av vägen har också antagits. De båda väggropparnas tvärsektionsuppbyggnad visas i figur 2. Förutom tunneldelarna förekommer också schaktning av jord och berg i dagen samt transporter av schaktmassor. Mängd öppna berg- och jordschakt har beräknats till 1 200 000 m³ vardera. Huvudvägens (14-metersvägen) totala längd har antagits vara $2 \times 21 = 42$ km. Övriga vägar (7-metersvägen) har antagits ha en total längd av 20 km. Anslutningsbroarna har beräknats separat med hjälp av uppskattade mängd- och energidata. Mängden betong för anslutningsbroar har beräknats till 180 670 m³ färdig betongkonstruktion. För byggnationen av anslutningsbroarna har en dieselförbrukning om 18 liter diesel/m³ betong i betongkonstruktionen och en elförbrukning om 290 kWh/m³ betong i betongkonstruktionen beräknats och använts i projekt.

⁵ Datormodell framtagen i reference: Strippel Håkan., Life Cycle Assessment of Road - A Pilot Study for Inventory Analysis, second revised edition., IVL B1210E, (2001).



Figur 2 Tvärsnittskonstruktionen av de båda använda vägtyperna.

2.3 Teknisk specifikation av tunnlarna

Huvudtunnelarna byggs med två tunnelrör, ett rör för vardera trafikriktning av den trefiliga motorvägen. Utöver huvudtunnelarna finns också servicetunnlar, evakuerings-tunnlar och andra utsprängda utrymmen. Tunnelarna har i övrigt en normal vägtunnelkonstruktion. Som jämförelse visas en typisk tunnelkonstruktion från Södra länken i figur 3. Tunnelarna avses att byggas med klassisk tunneldrivningsteknik d.v.s. förinjektering med cement, borrar, sprängning och utlastning av sprängsten. Mängd tunnelbergschakt för hela vägsträckningen har beräknats till ca 5 615 500 m³ fast berg vilket motsvarar ca 15 miljoner ton. (Därtill kommer ca 1.2 miljoner m³ ytbergschakt utefter hela vägsträckningen.) Väggarna täcks med sprutbetong och väggkroppen byggs på den sprängda tunnelterrassen. För beräkningarna av väggkroppen har LCA-vägmodellen använts. För själva tunnelarbetena har en uppskattning gjorts av energianvändningen under byggnationsfasen. För tunneldrivningen och ut- och borttransporten av stenmaterial, en total körsträcka av 50 km, har en dieselförbrukning om 4,5-5,5 liter diesel/m³ fast bergmaterial beräknats. Skillnaderna beror lite på hur långa tunnelarna är. En kort tunnel ger en något lägre energianvändning. För beräkningarna har ett värde av 5 liter diesel/m³ fast berg använts. Elförbrukningen vid tunneldrivning och tunnelventilation under byggfasen har beräknats till 20 kWh/m³ fast bergmaterial (7 kWh/borrmeter för borrar).

En modern vägtunnel utgör en relativt komplex teknisk konstruktion med många olika installationer för t.ex. säkerhet, brand, evakuering, service och underhåll. Detta innebär att en del utrustning installeras i tunnelarna t.ex. belysning, övervakningssystem, vägskyltar m.m. Belysningen behövs också dygnet runt i en tunnel till skillnad från en väg ovan jord. Elenergin för belysningen kan därför bli betydande. Produktion och installation av denna typ av kringutrustning

har inte tagits med i beräkningarna men elförbrukningen för de olika komponenterna under driften av tunnelarna finns med i analysen.

Nästan alla tunnlar läcker också in vatten på olika sätt (inläckande grundvatten, regnvatten). Beroende på tunnels konstruktion och läge under marken kan detta vatten behöva pumpas ut. Därför installeras normalt pumpanläggningar för detta ändamål. Inläckande vattenmängder har bedömts till ca 3-5 liter/min och 100 m tunnel för Förbifart Stockholm. Detta ger ca 250 000-420 000 m³ vatten som skall pumpas ut ur tunnelarna varje år. Detta kan medföra en ganska betydande energianvändning om tunnelarna ligger djupt och inte tätas ordentligt. Vägtunnlar måste också ventileras kraftigt för att få ut avgaserna från trafiken. Detta sker med stora fläktsystem. Energianvändningen för ventilationen av vägtunnlar är betydande men beror också på trafikintensiteten. Vid hög trafikintensitet måste stora luftmängder ventileras bort och om tunnelarna ligger djupt måste ventilationen ske genom långa schakt vilket ytterligare kan öka energianvändningen. Uppgifter från driften av Södra länken visar att ventilation och vattenpumpning står för ca 65 % av elenergianvändningen.



Figur 3 Bild från tunneln i Södra länken. Här visas en huvudväg med avfartsväg. Huvudvägen blir dock trefilig i Förbifart Stockholm. I övrigt är konstruktionerna ganska lika. Foto från Vägverket, Mikael Ullén.

3 Beskrivning av analyserna och dess omfattning

En produkt eller process påverkan på miljö är ofta mycket komplex och omfattar många delar av samhället. För att genomföra en mera fullständig analys av en infrastrukturlösning används lämpligen en livscykelanalys (LCA⁶). Vid en sådan analys följs alla material och processer från dess ursprung (t.ex. råvarukällan) via produkten och dess användning till det slutliga omhändertagandet (t.ex. i en avfallsprocess). Här analyseras då alla materialflöden, energiflöden och emissioner. Hela produktens olika användningsfaser tas också upp som byggnation, drift och underhåll. I den mån en produkt (t.ex. en väg) saknar en fullständig livscykel (d.v.s. en annan väg kan redan ha funnits på plats där innan eller vägens livstid är genom olika underhållsåtgärder så lång att slutet är oöverblickbart) kan en bestämd tid väljas för analysen (t.ex. dess ekonomiska beräkningslivslängd, 60 år). I detta fall (och främst vid jämförande analyser) är det då viktigt att definiera underhållsstatusen vid beräkningstidens slut (t.ex. i nykick eller helt uttjänt). Denna status definieras ofta av de underhållsintervaller som antas i beräkningsmodellen.

I den föreliggande studien har det av tidsskäl varit nödvändigt att kraftigt begränsa analysen till vissa delar av det ovan beskrivna systemet. För att det skall vara möjligt att värdera analyserna från den föreliggande studien beskrivs nedan omfattningen av studien och denna kan sedan ställas i relation till det ovan beskrivna systemet.

Geografiskt har studien främst begränsats till de aktiviteter och de emissioner som sker direkt på byggplatsen eller i anslutning till byggplatsen (till-/från-transporter för byggplatsen). Övriga data har medtagits i den mån det varit möjligt för att få en så heltäckande bild som möjligt av projektet. Endast tre aspekter har beaktats; emissionen av koldioxid, användningen av elenergi och förbrukningen av diesel. Dessa tre parametrar är i detta fall bra indikatorer på projektets energi- och växthusgasprestanda. Infrastrukturlösningen har analyserats över en period av 60 år och i den mån det har varit möjligt att få fram data så har faserna; byggnation, drift och underhåll medtagits.

Beräkningarna har gjorts utifrån uppskattade data från projekteringen av Förbifart Stockholm. Av beräkningstekniska- och historiska skäl har respektive del beräknats med lite olika metoder och modeller. Själva väggroppens inverkan (både i tunnlar och ovan mark) har beräknats med hjälp av LCA-vägmodellen⁷. Denna modell innehåller data för byggnation, drift och underhåll ur ett LCA-perspektiv d.v.s för vägdelen finns även produktionen av ingående material med i analysen. För byggnation av tunnlar och anslutningsbroar har beräkningar gjorts utifrån projekteringsdata. Data för drift av själva tunnelsystemen har beräknats utifrån data för Södra länken i Stockholm. Tunnelsystem är idag relativt komplicerade och energikrävande varför speciell uppmärksamhet bör riktas mot dessa. Någon ytterligare information angående underhållet av tunnlar utöver väggroppen har inte gått att få fram på denna korta tid varför underhållsdata för väggroppen utgör enda information här. Det som då saknas i beräkningsmodellen är exempelvis underhåll och byte av ventilationsutrustning, tekniska system m.m.

⁶ En översiktlig presentation av Livscykelanalystekniken (LCA) återfinns i bilaga 1 i denna rapport.

⁷ Stripple Håkan., Life Cycle Assessment of Road - A Pilot Study for Inventory Analysis, second revised edition., IVL B1210E, (2001).

Produktion av elenergi har också tagits med i analysen, även om denna inte sker direkt på byggplatsen. Elanvändningen i Förbifart Stockholm är betydande varför denna aspekt är viktig. Hur elenergin produceras är således också en viktig aspekt. Normalt används elenergi från det svenska kraftnätet. Elenergi produceras i Sverige med olika produktionsmetoder som t.ex. kärnkraft, vattenkraft, vindkraft, värmekraft etc. Dessa ger olika bidrag till den svenska elproduktionsmixen och också olika miljöpåverkan som t.ex. koldioxidemissioner. Med hjälp av svensk elproduktionsstatistik och miljödata för de olika produktionslagen kan ett genomsnittsvärde på den svenska produktionsmixen beräknas för t.ex. koldioxidemissionen. Ett sådant medelvärde för elenergin har använts vid analyserna av koldioxid. Genomsnittsvärdet har beräknats till 18 g CO₂/kWh producerad el för år 2007⁸. Ibland förordas i stället data för s.k. marginalelproduktion. Eftersom t.ex. den svenska produktionen av kärnkraft och vattenkraft är begränsad så kommer tillkommande elenergiförbrukning och täckas av annan elproduktion. Hur denna elproduktionsmix ser ut kan vara svårt att säga och den varierar år från år. I många fall anförs att kolkondenskraft skall ses som marginalelproduktion i Sverige därför att Sverige genom åren ofta täckt upp underskott i elproduktionen med import från Danmark. Denna marginalelproduktion har en mycket hög emissionsfaktor för koldioxid (ca 700 g CO₂/kWh producerad el⁹). Av denna anledning presenteras också översiktliga beräkningar av koldioxidemissionen för Förbifart Stockholm med antagandet att kolkondenskraft används för elproduktionen. Hur marginalelproduktionen ser ut i Sverige är dock komplext och huruvida man skall basera ett beslut på marginaleltänkande omtvistat.

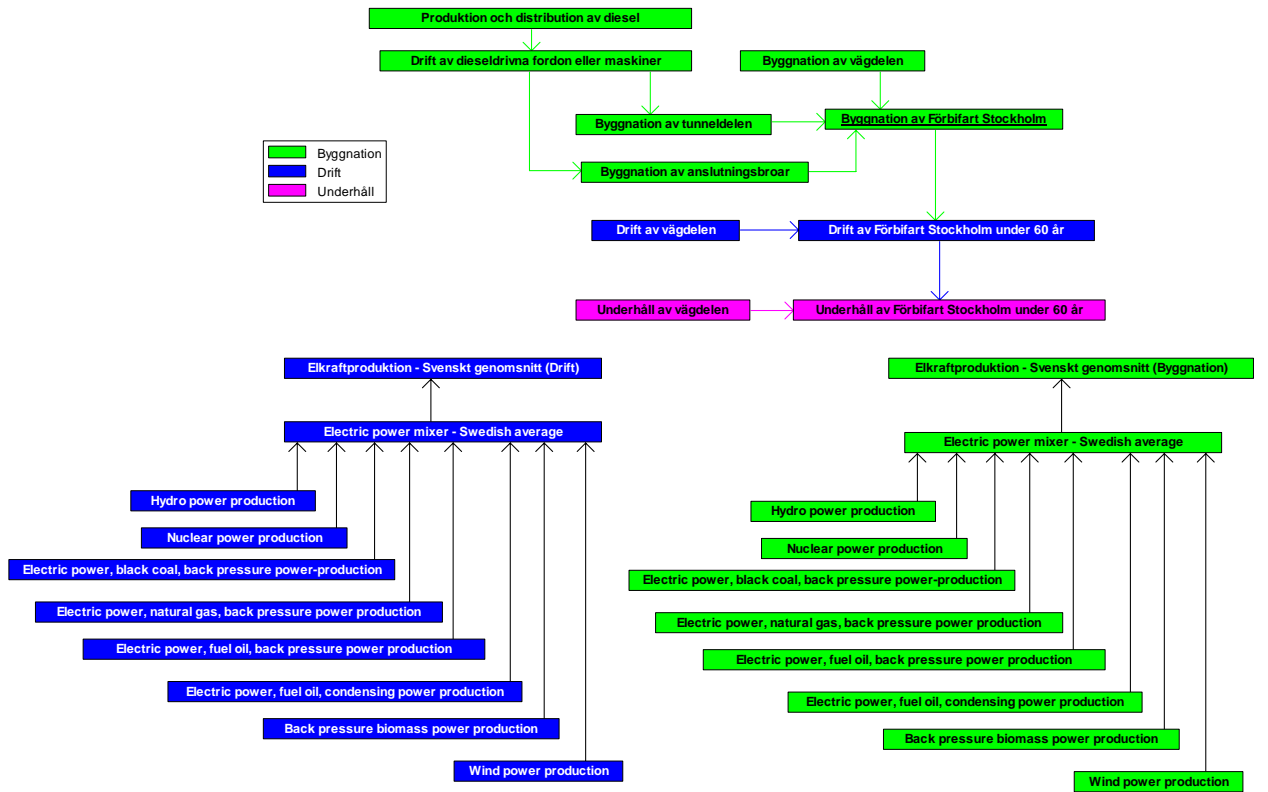
En översiktlig bild av beräkningsmodellen visas i figur 4.

Som i alla analyser finns det osäkerheter i beräkningarna. I detta fall kan osäkerheterna delas in i två grupper representerande olika huvudfelkällor. För det första finns osäkerheter beträffande beräkningsmodellernas prediktion av verkligheten. Här finns felkällor som att alla aktiviteter som sammanhänger med byggandet, driften och underhållet av anläggningen inte finns med i datormodellen och tekniska antaganden beträffande t.ex. emissionsfaktorer, mängder etc. För det andra finns osäkerheter beträffande framtidsprognoser. Hur ser egentligen det tekniska systemet ut under de närmaste 60 åren (elproduktionen?, trafikmängder?, bilarnas konstruktion och emissioner?). Osäkerheter beträffande framtidsprognoser är normalt mycket svåra att hantera. Analyserna i denna studie bygger således på dagens förutsättningar. Även om analysen således inte är heltäckande så är ändå bedömningen att resultaten någorlunda väl ger en bild av energi och koldioxidsituationen och att dessa data kan ligga till grund för en vidare bedömning av projektet.

⁸ Beräkningarna är baserade på Livscykelanalys Vattenfalls el i Sverige, jan 2005 och Statistiska meddelanden från SCB, El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2007 Preliminära uppgifter, EN 11 SM 0802 tabell 5B.

⁹ Data från Livscykelanalys Vattenfalls el i Sverige, jan 2005.

Beräkningsmodell av projekt Förbifart Stockholm



Figur 4 Figur visande beräkningsmodellens olika delar för Förbifart Stockholm.

4 Resultat från analyserna av Förbifart Stockholm

4.1 Byggnation

I detta avsnitt presenteras resultaten från analyserna av energianvändningen (el och diesel) och emissionerna av koldioxid (CO₂) från den initiala byggnationen av hela "Förbifart Stockholm". Detta innefattar byggnation av själva väggkroppen, tunneldrivning och byggnation av olika anslutningsbroar och andra betongkonstruktioner. Både beräkningsmodellerna för tunnelarbetena och övriga betongarbeten är mycket förenklade och ger troligen en viss underskattning av miljöpåverkan då flera byggmoment inte är medtagna i modellerna. Som en approximation torde ändå modellerna ge en någorlunda god uppfattning om den rådande situationen. För vägmodellen ligger nog svagheten främst i att de exakta byggnationsförhållandena inte är kända. Speciellt gäller detta terrassens uppbyggnad utanför tunnlarna.

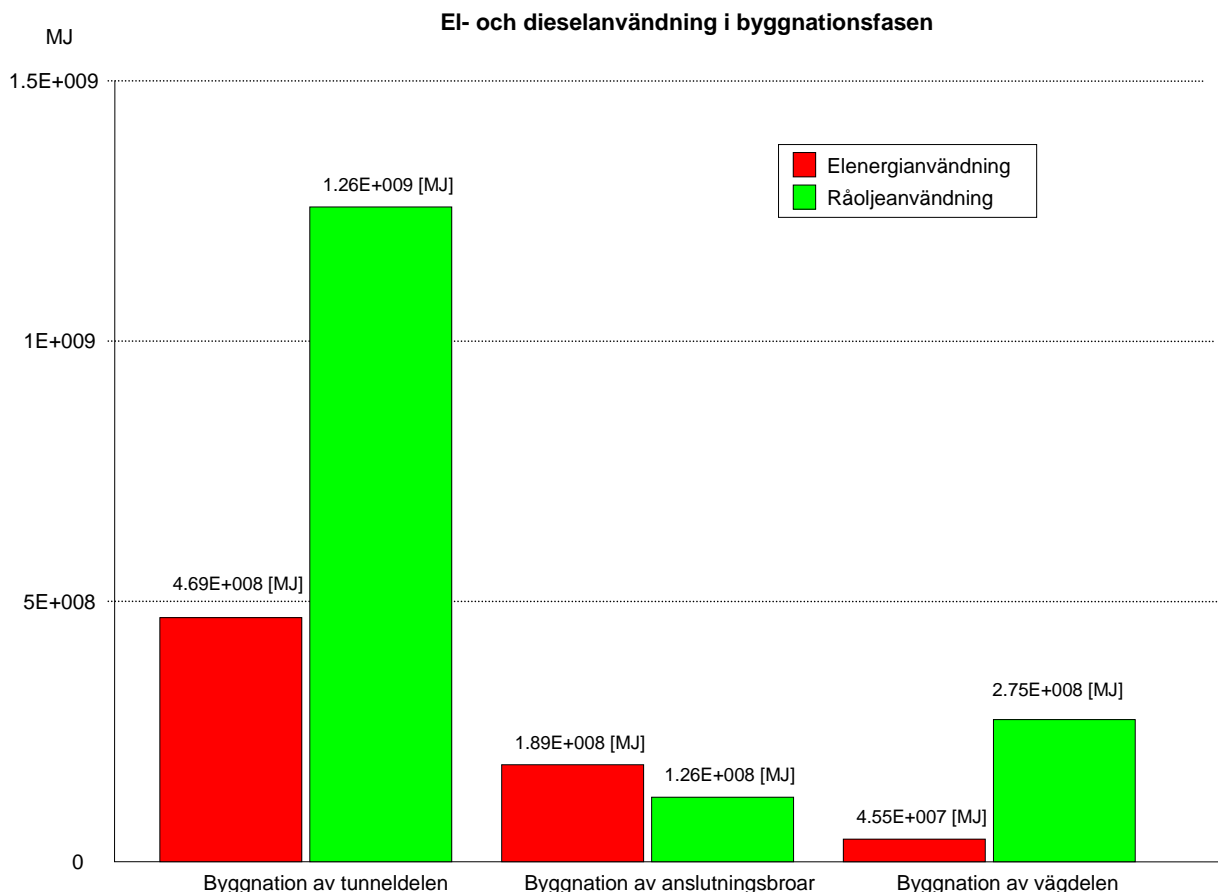
4.1.1 Energianvändning (el- och dieselförbrukning)

Modellberäkningar har gjorts av energianvändningen under byggfasen av Förbifart Stockholm. Energianvändningen vid byggnationen av ett vägprojekt består främst av elenergi och diesel till olika arbetsfordon och dieseldrivna maskiner. El används också vid tunneldrivning för att minimera avgaserna i tunneln. Trots detta behöver tunnlarna ventileras under byggtiden. Detta är också en betydande energipost vid tunnelarbeten liksom utpumpning av inläckande vatten under byggskedet. Produktionen av diesel har också tagits med i modellerna så dieselförbrukningen redovisas som en resursförbrukning av råolja från jorden. För att råoljaförbrukningen skall bli komplett så har även den råoljaförbrukning som sker vid elproduktionen medtagits. Svensk medelproduktion för år 2007 har antagits och för denna produktion är oljeanvändningen mycket liten.

I figur 5 framgår resultaten från modellberäkningarna uppdelade på faserna byggnation av tunneldelen, byggnation av anslutningsbroar och andra betongkonstruktioner samt byggnationen av själva väggkroppen. Som framgår av figuren domineras energianvändningen i byggskedet av byggnationen av själva tunnlarna. Eftersom Förbifart Stockholm till stora delar går genom tunnlarna och att tunneldrivning är relativt energikrävande så är detta inte ett förvånande resultat. Merparten av arbetet för hela byggnationsskedet görs också med dieseldrivna arbetsmaskiner varför råoljaförbrukningen dominerar även om man av bland annat hälsoskäl strävar mot en ökad eldrift. Dieseldriften i själva tunnlarna är förhållandevis låg då tunneldrivningsutrustningarna oftast är eldrivna men uttransporten av stenmaterial sker företrädesvis med dieseldrivna fordon. Planer finns i byggprojektet på att använda eldrivna transportband för att transportera ut sprängsten ur tunnlarna samt att effektivisera transporten av sprängsten genom båttransporter. Detta skulle i någon mån kunna reducera emissionen av koldioxid (se nästa kapitel).

Projekt Förbifart Stockholm kommer under byggskedet att generera stora mängder sprängsten. Totalt kommer ca 6.82 miljoner m³ motsvarande 18.1 miljoner ton att genereras. Marknaden för stenmaterial i Stockholmregionen har de senaste åren varit 4-5 miljoner ton så den producerade mängden stenmaterial från Förbifart Stockholm kommer att utgöra en betydande mängd för regionen under flera år. Detta innebär också en viss besparing då man inte behöver utnyttja

befintliga bergtäkter i samma utsträckning under ett antal år. Detta medför också att man kan undvika en del energianvändning och koldioxidemissioner som annars skulle uppstå i bergtäkterna. En beräkning av dessa besparingar har gjorts med följande resultat: fossil CO₂ 29340 ton, råolja 3,645 10⁸ MJ och elanvändning 7,7 10⁴ MJ. Jämförs dessa emissioner med de beräknade värdena för byggnationen av Förbifart Stockholm ger detta en besparing av fossil CO₂ med 23 %, av råolja med 22 % och av elenergi med 0,01 %.



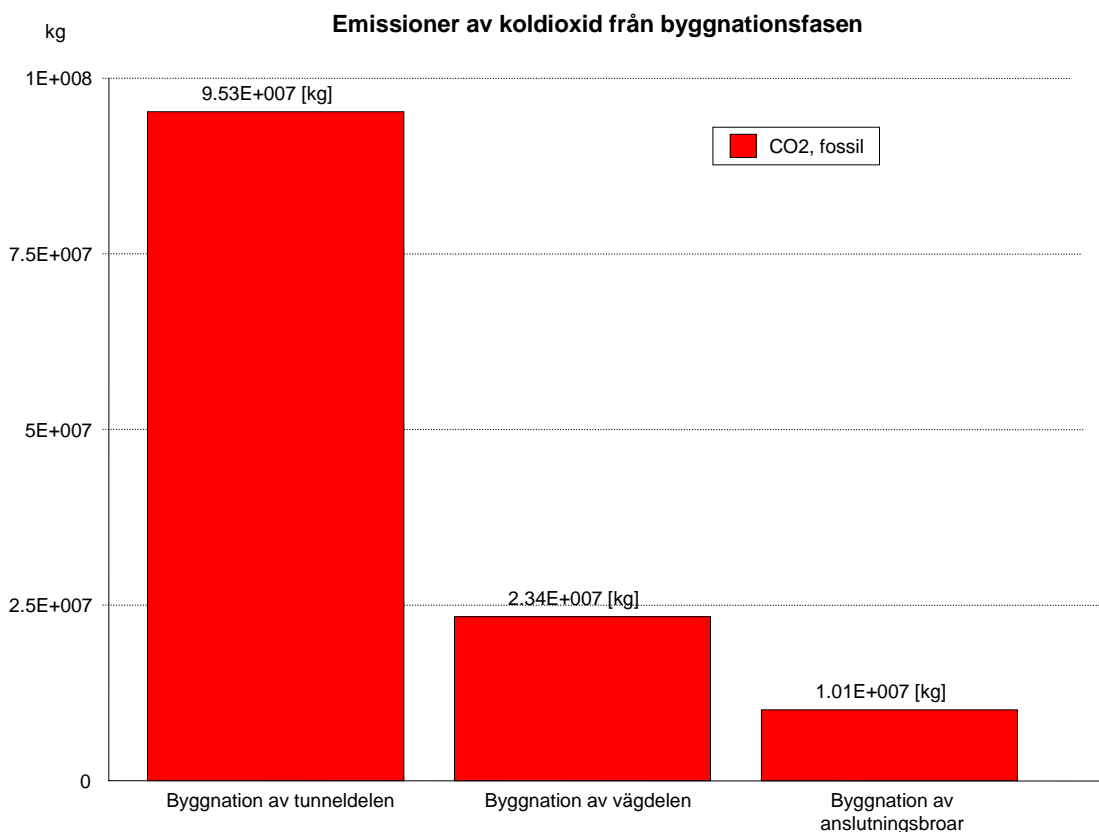
Figur 5 Användningen av elenergi och diesel under byggnationsfasen av Förbifart Stockholm uppdelat på tre byggnationsobjekt; tunneldelen, anslutningsbroar och andra betongkonstruktioner samt byggnationen av själva vägkroppen. Dieselförbrukningen är räknad som resursförbrukning av råolja inkluderande raffinering och distribution.¹⁰

4.1.2 Koldioxidemissioner

I figur 6 visas emissionen av koldioxid (CO₂) under byggnationsfasen uppdelat på tre byggnationsobjekt; tunneldelen, anslutningsbroar och andra betongkonstruktioner samt byggnationen av själva vägkroppen. Då den svenska elproduktionen sker mestadels med vattenkraft och kärnkraft så är emissionen av koldioxid låg från elproduktionen. Koldioxidemissionen beror således nästan helt på användningen av diesel i olika arbetsmaskiner, både på själva arbetsplatsen

¹⁰ Av skrivtekniska skäl anges stora tal med tiopotenser i diagrammen. Dessa skrivs med datorformat i diagrammen på formen x.xxE+00x vilket står för x.xx 10^x. Exempelvis blir 2.39E+009 i vanlig matematisk potensform 2.39 10⁹ vilket är lika med 2 390 000 000.

och vid transporter till och från arbetsplatsen. CO₂-emissionen är därför tämligen analog med råoljeanvändningen som visades i figur 5.



Figur 6 Emissioner av koldioxid (CO₂) under bygnationsfasen av Förbifart Stockholm uppdelat på tre byggnationsobjekt; tunneldelen, anslutningsbroar och andra betongkonstruktioner samt byggnationen av själva vägkroppen. Dagens svenska genomsnittselproduktion har använts vid beräkningarna.

4.2 Drift

Med drift avses här de löpande aktiviteter som är förknippade med infrastrukturen för hela "Förbifart Stockholm" som t.ex. elförbrukning till ventilation, pumpar och andra elanläggningar. Dessa är löpande och ofta relativt likartade varje år. Årsvisa data presenteras här. En totalsumma har också beräknats för hela den ekonomiska beräkningsperioden om 60 år.

4.2.1 Energianvändning (el- och dieselförbrukning)

Några direkta modellsimuleringar av energigången för driften av "Förbifart Stockholm" har inte gjorts i projekteringen av anläggningen utan approximativa data har tagits fram inom ramen för denna studie. Data kan tas fram på i princip två sätt; dels kan varje ingående komponent i konstruktionen studeras och energianvändningen beräknas utgående från kapacitetsdata för

anläggningen dels kan data tas fram genom empiriska jämförelser av snarlika tekniska installationer som redan är i drift. Det första alternativet kräver fördjupade studier med datormodeller så i denna studie har det senare alternativet använts. Dock har en viss modellering gjorts av driften av själva vägen med hjälp av LCA-vägmodellen (ej elenergi). Grundläggande basdata för driften har tagits från energianvändningen i Södra länken. En enkel skalning har sedan gjort för att beräkna energianvändningen för "Förbifart Stockholm" baserad på energianvändningen för Södra länken.

Södra länken är en kringfartsled mellan Essingeleden (E4/E20), Stockholm, och Värmdöleden (Länsväg 222), Nacka. Södra länken är 6 km lång varav 4,6 km går i tunnel. Tunneln har i varje riktning två genomgående filer, men mellan vissa på- och avfarter finns så kallade additionskörfält vilket gör att tunneln som bredast är 4 filer per riktning. Vägen har varit i drift sedan oktober 2004.

Konstruktionen av de båda projekten Södra länken och "Förbifart Stockholm" har för beräkningsändamålen ansetts vara tillräckligt lika för att en direkt jämförelse och skalning skall kunna göras. Fördelningen mellan andel tunnel och andel väg ovan mark är också relativt lika (16 km/21 km=76,2 % för "Förbifart Stockholm" och 4,6 km/6 km=76,7 % för Södra länken) för de båda vägprojekten. Mellanliggande vägavsnitt och trafikplatser skiljer sig dock en del åt men torde för en översiktlig analys ändå vara tillräckligt lika för att en direkt skalning baserad på hela vägsträckningens längd skall vara möjlig att göra med ett godtagbart resultat för en vidare bedömning. Flertalet större elförbrukande enheter i anläggningen torde vara någorlunda proportionella mot längden på tunnlarna/vägen vid lika tvärsnittsgeometri. Tunnlarna i Förbifart Stockholm torde dock ha en något större tvärsnittsarea (och därmed större volym) och dessutom ligga djupare än Södra länken. Betydande energiposter är här t.ex. tunnelventilation, pumpning av dräneringsvatten från tunnlarna, vägbelysning. Skalfaktorn mellan de båda projekten blir 21 km/6 km=3,5. "Förbifart Stockholm" är alltså i detta avseende 3,5 gånger större än Södra länken. Denna skalfaktor har använts vid beräkningarna men kan således utgöra en viss felkälla. Hur teknikutvecklingen ser ut under 60 år är en annan osäkerhet som är mycket svår att bedöma. Andelen el-/hybridbilar kan t.ex. öka vilket medför ett minskat behov av tunnelventilation. Trafikmängden kan också förändras vilket påverkar energianvändningen i tunnlarna.

Data för elenergianvändningen i Södra länken har tagits fram för de år som vägavsnittet varit i full drift (2005-2007). Dessa data visas i tabell 1 tillsammans med de överslagsberäkningar som gjorts för elenergianvändningen i "Förbifart Stockholm". Beräkningarna visar en årlig förbrukning samt en förbrukning under den 60-åriga beräkningsperioden.

Tabell 1 Beräkningsöversikt av den totala elenergianvändningen för "Förbifart Stockholm" per år och under den 60-åriga beräkningsperioden.

| Driftår Södra länken | Total elenergianvändning för driften av Södra länken (GWh/år) ¹⁾ | Korresponderande total elenergianvändning för driften av "Förbifart Stockholm" (GWh/år) | Korresponderande total elenergianvändning för driften av "Förbifart Stockholm" under 60 år (GWh/60 år) |
|----------------------|---|---|--|
| 2007 | 17.4 | 60.8 | 3 649 |
| 2006 | 16.4 | 57.5 | 3 451 |
| 2005 | 13.2 | 46.3 | 2 778 |
| Medelvärde | 15.7 | 54.9 | 3 293 |

¹⁾ Data från Vägverket

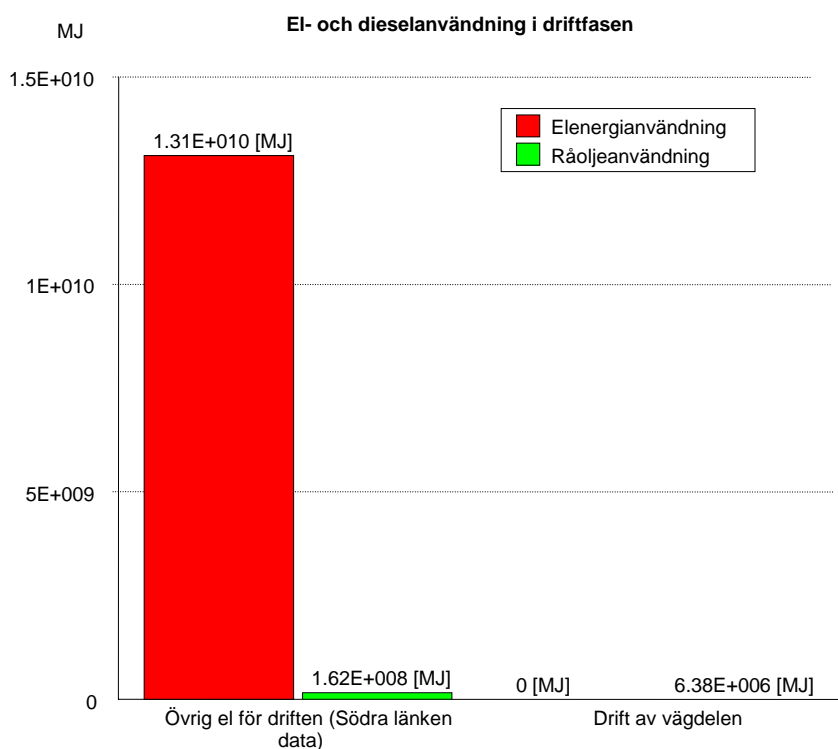
Som framgår av ovanstående tabell så har elenergianvändningen för driften ökat under de år som anläggningen varit i drift. Detta beror sannolikt på en ökad trafikmängd. En ökad trafikmängd ger större mängder avgaser som måste ventileras bort och därmed en ökad elförbrukning för ventilationen av tunnelanläggningen. Södra länken är dimensionerad för en trafikmängd om 60 000 fordon per dygn. Enligt uppgift är trafikmängden nu uppe i 90 000-100 000 fordon per dygn. För

beräkningsändamål av "Förbifart Stockholm" torde det därför vara klokt att utgå från den högsta nivån på elenergianvändning d.v.s. 60,8 GWh/år. Som en jämförelse kan sägas att denna elförbrukning kan motsvara ca 4000 moderna villor¹¹ uppvärmda med direktverkande el. Om en jämförelse skulle göras med trafiken kan sägas att elenergin för 1 års drift (60,8 GWh) motsvarar energinnehållet i ca 7 miljoner liter bensin¹². Om det kan antas att ett fordon förbrukar 2 liter bensin för att köra de 21 km som "Förbifart Stockholm" utgör motsvarar detta 3,5 miljoner bilpassager per år eller 9600 bilar per dygn d.v.s 9600 bilar förbrukar lika mycket energi i form av bensin för att köra genom "Förbifart Stockholm" som driften av "Förbifart Stockholm" förbrukar i elenergi på ett dygn. Det är således av stor vikt att driften av anläggningen kan göras energieffektiv.

I figur 7 visas el- och råoljeanvändningen från modellberäkningen för hela den ekonomiska driftperioden om 60 år. Som framgår är elförbrukningen för driften helt dominerade. Här är tunnelventilation, belysning och pumpning av inläckande vatten betydande energiposter. Övrig drift som snöröjning, saltning, sopning, tvättning m.m. utgör mindre poster. Det bör dock påpekas att mängddata här är osäkra och att många olika småaktiviteter kring driften inte finns med. Sådana aktiviteter utförs ofta med olika dieseldrivna fordon eller maskiner och kan vara svåra att kvantifiera.

¹¹ En elenergianvändning om 15 000 kWh/år har antagits för en modern villa med direktverkande el.

¹² Ett effektivt värmevärde om 31,4 MJ/liter bensin har antagits. Ingen hänsyn har tagits till bensin respektive elens olika nytta och energiomvandling i olika former som t.ex. värme och mekaniskt arbete. En energienhet el och en energienhet bensin är inte helt jämförbara i fråga om t.ex. verkningsgrader vid energiomvandling eller användningsflexibilitet. El kan omvandlas till mekaniskt arbete med en verkningsgrad om ca 95 %. En bensinmotor har en verkningsgrad av endast ca 25-30 %. Om man då i stället jämför hur mycket mekaniskt arbete man skulle få ut av motsvarande mängd el motsvarar detta 30 200 fordonspassager per dygn.



Figur 7 El- och dieselanvändningen i driftfasen av Förbifart Stockholm under en period av 60 år uppdelat på driften av vägkroppen och övrig drift (beräknad som korresponderande elförbrukning till Södra länken). Dieselförbrukningen är räknad som resursförbrukning av råolja inkluderande raffinering och distribution.

4.2.2 Koldioxidemissioner

För driften har, som tidigare framgått, hänsyn mestadels tagits till förbrukningen av elenergi. Användningen i sig av el ger ju inte upphov till någon emission av koldioxid utan det är här produktionen av elenergin som kan ge upphov till en viss koldioxidemission. Denna produktion sker ju för det mesta inte vid byggplatsen utan på andra håll i Sverige eller utomlands. Eftersom analysen omfattar en ekonomisk driftperiod om 60 år så är det inte möjligt att bedöma hur elproduktionen kommer att se ut under denna långa tidsperiod. I stället ges två exempel på elproduktion för att om möjligt exemplifiera två ytterligheter av elproduktionen – en med hög och en med låg emission av koldioxid per elenergienhet. I Sverige produceras ju huvuddelen av elenergin med vattenkraft och kärnkraft. Dessa båda produktionsslag räcker dock inte till för att klara det svenska behovet av elenergi. En mindre del kan därför produceras med andra produktionssystem som t.ex. industriella mottrycksystem, oljekraftverk, gasturbiner, mottryckskraft i fjärrvärmesystem. En del av dessa drivs med biobränslen och en del med fossila bränslen. Därtill finns både import och export av elenergi.

Utgående från LCA-data från Vattenfall¹³ för olika elproduktionsslag samt svensk elproduktionsstatistik¹⁴ har en CO₂-emissionsfaktor (från fossila bränslen) för svensk medel-

¹³ Livscykelanalys Vattenfalls el i Sverige, jan 2005.

¹⁴ Statistiska meddelanden från SCB, El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2007 Preliminära uppgifter, EN 11 SM 0802 tabell 5B.

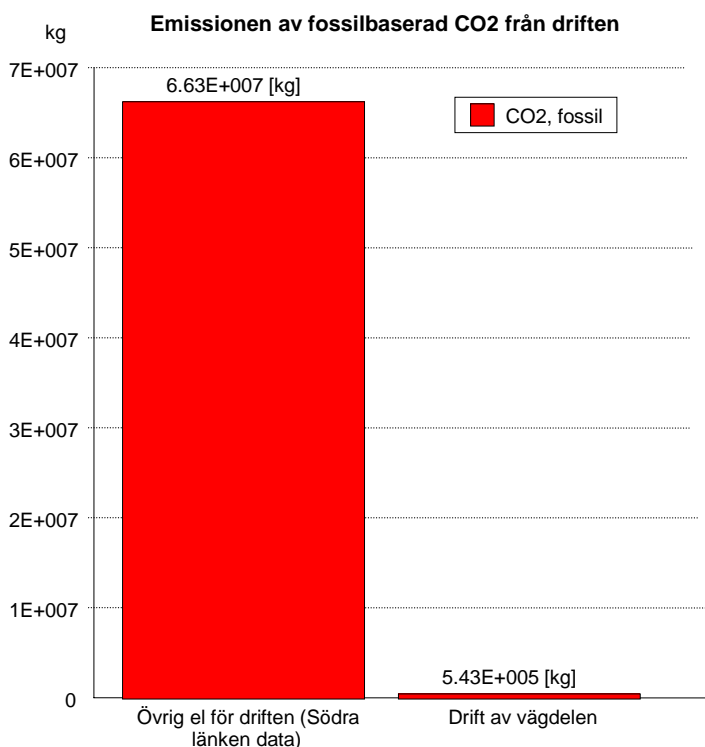
produktion beräknats till 18 g CO₂/kWh levererad el¹⁵. Denna produktion har använts som exempel på en elproduktion med låg emission av koldioxid. Ett exempel på elproduktion med hög emission av koldioxid skulle kunna vara kolkondenskraftel. Denna har då en emissionsfaktor om ca 700 g CO₂/kWh levererad el⁹. Detta alternativ får dock ses som bakgrundsinformation. I första hand bör den svenska genomsnittproduktionen av el beaktas. Resultaten från koldioxidberäkningarna visas i tabell 2.

Tabell 2 Emissionen av koldioxid från driften av "Förbifart Stockholm" räknad utifrån produktionen av den elkraft som anläggningen beräknas använda.

| Driftår Södra länken | Total elenergianvändning för driften av "Förbifart Stockholm" (GWh/år) | Total elenergianvändning för driften av "Förbifart Stockholm" under 60 år (GWh/60 år) | Korresponderande emission av koldioxid räknat med dagens svenska medelelproduktion (ton CO ₂ /år) | Korresponderande emission av koldioxid räknat med dagens svenska medelelproduktion under 60 år (ton CO ₂ /60 år) | Korresponderande emission av koldioxid räknat med kolkondenselproduktion (ton CO ₂ /år) | Korresponderande emission av koldioxid räknat med kolkondenselproduktion under 60 år (ton CO ₂ /60 år) |
|----------------------|--|---|--|---|--|---|
| 2007 | 60.8 | 3 649 | 1 095 | 65 700 | 42 600 | 2 556 000 |
| 2006 | 57.5 | 3 451 | 1 035 | 62 100 | 40 300 | 2 418 000 |
| 2005 | 46.3 | 2 778 | 833 | 50 000 | 32 400 | 1 944 000 |
| Medelvärde | 54.9 | 3 293 | 988 | 59 300 | 38 400 | 2 304 000 |

En praktisk jämförelse med trafiken, som i föregående kapitel, indikerar att koldioxidemissionen från elproduktionen (driftår 2007 Södra länken) motsvarar ca 660 bilpassager per dygn vid dagens svenska medelelproduktion och ca 25 600 bilpassager per dygn vid kolkondenselproduktion. I figur 8 visas den totala fossilbaserade CO₂-emissionen från driften under 60 år uppdelad på elenergi och övriga driftaktiviteter för väggroppen. (Data för övriga driftaktiviteter av tunneln saknas.) Som framgår domineras även CO₂-emissionen av elförbrukningen (elproduktionen) trots att den per energienhet ger låga CO₂-emissioner. Detta förklaras av den höga elförbrukningen för anläggningen.

¹⁵ För LCA-vägmodellen har äldre data för svensk medelelproduktion använts. Dessa data har en emissionsfaktor på 13 g fossilbaserad CO₂/kWh producerad el.



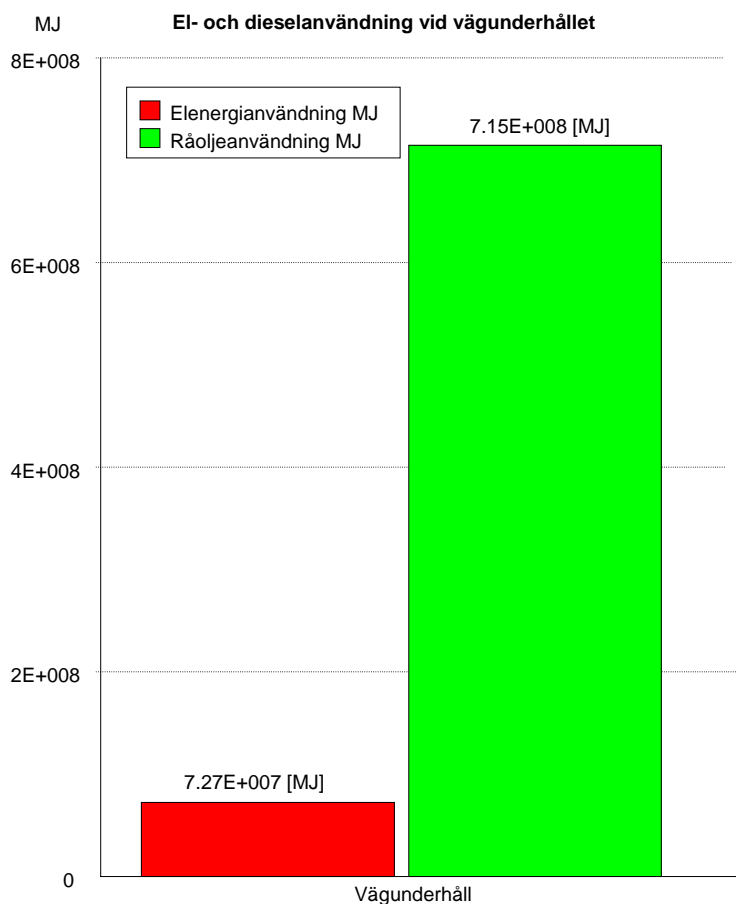
Figur 8 Emissioner av koldioxid i driftsfasen av Förbifart Stockholm under en period av 60 år uppdelat på driften av väggroppen och övrig drift (beräknad som korresponderande elförbrukning till Södra länken). Dagens svenska genomsnittselproduktion har använts vid beräkningarna.

4.3 Underhåll

Med underhåll avses de reparationer som måste göras under en 60-årsperiod för att hålla anläggningen i bra och användbart skick (t.ex. omläggning av asfalt på vägbanan, byte av teknisk utrustning, reparation av tunnlar). I denna översiktliga analys har det ej varit möjligt att få fram data för underhållet av hela anläggningen. LCA-vägmodellen har dock använts för att göra en överslagsberäkning för underhållet av väggroppen inklusive asfaltbeläggningen. Övrigt underhåll finns ej med i analysen. I många fall handlar det också om byte av teknisk utrustning och det kan ju också påpekas att produktionen av denna utrustning inte heller finns med i analysen av den initiala byggnationen.

4.3.1 Energianvändning (el- och dieselförbrukning)

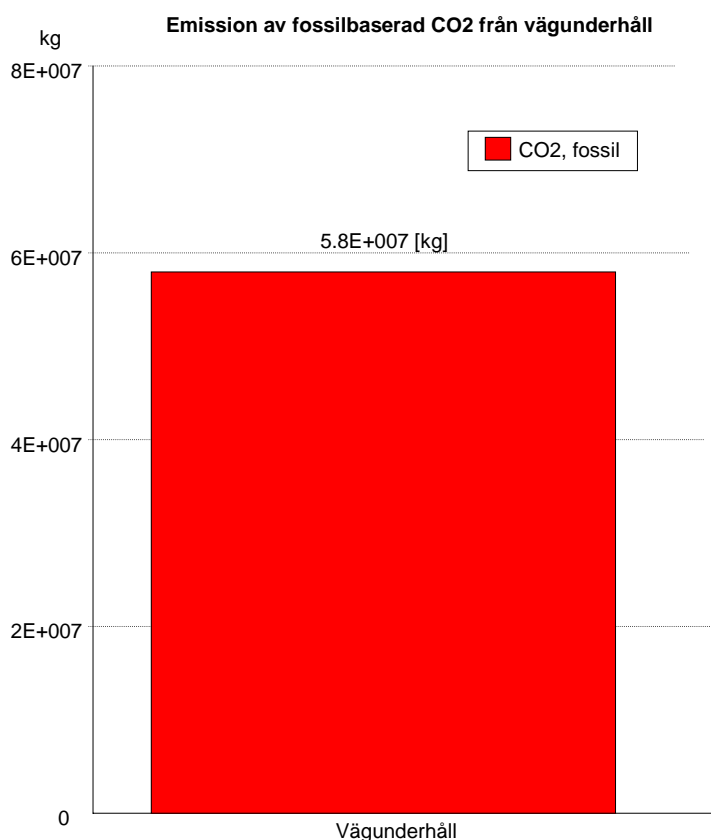
El- och dieselanvändningen vid underhållet av väggroppen och vägbanan under 60 år framgår av figur 9. Merparten av underhållsarbetet på en väg sker med olika dieseldrivna fordon eller maskiner varför råoljeanvändningen är betydligt större än elenergianvändningen. Då mycket underhållsarbete saknas i analysen är osäkerheten här stor beträffande den totala energianvändningen för underhållet.



Figur 9 El- och dieselförbrukningen för vägunderhållet under 60 år. Dieselförbrukningen är räknad som resursförbrukning av råolja inkluderande raffinering och distribution.

4.3.2 Koldioxidemissioner

Koldioxidemissionen från vägunderhållet under 60 år har beräknats till 58 000 ton och domineras helt av dieselanvändningen, se figur 10. Osäkerheterna är dock stora och för anläggningen som helhet är siffran troligen en underskattning.



Figur 10 Emissionen av koldioxid vid vägunderhållet under 60 år. Dagens svenska genomsnittselproduktion har använts vid beräkningarna.

4.4 Övergripande resultatsammanställning

I detta avsnitt redovisas resultaten för Förbifart Stockholm som helhet uppdelat på faserna byggnation, drift och underhåll. Total användning av el och diesel visas i figur 11 och energianvändningen för byggnation, drift och underhåll visas i figur 12. Som framgår av figurerna så är förbrukningen av elenergi för driften av tunnelarna helt dominerande. Detta är således den beräknade energianvändningen som bygger på data från Södra länken. Denna energianvändning härrör som tidigare påpekats till stor del från ventilationen av tunnelarna för att få ut avgaserna från trafiken, från pumpning av inläckande vatten och från belysning. Som framgått tidigare så kan dessa data vara något underskattade då Förbifart Stockholm har en något större tvärsektion och därmed en större volym att ventileras och att den ligger djupare vilket kan medföra en högre energianvändning för ventilationen och pumpning av vatten. Detta bygger dock på en analys baserad på dagens förhållanden. Hur situationen egentligen kommer att se ut under de närmaste 60 åren är omöjligt att säga. Byggnation och underhåll svarar för en betydligt mindre del av energianvändningen men beräkningsmodellerna för dessa delar är inte så utvecklade och beräkningarna är komplexa så osäkerheterna är relativt stora men borde inte påverka den generella bilden.

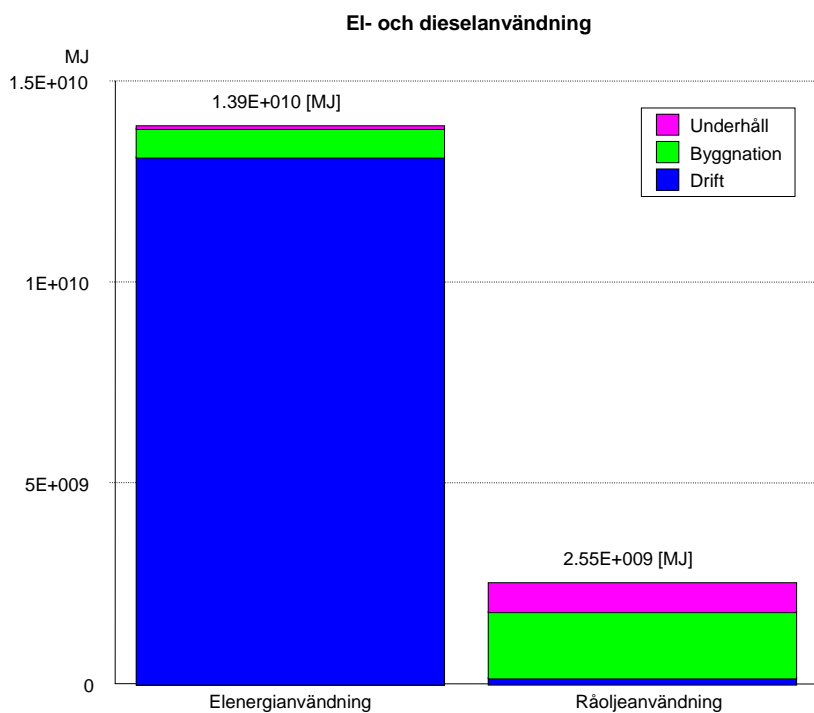
Den totala energianvändningen (el och råolja) under 60 år har uppskattats till ca $1,64 \cdot 10^{10}$ MJ (4600 GWh)¹⁶. För att få en uppfattning om storleksordningen av denna energimängd kan som jämförelse sägas att denna energimängd skulle räcka till ca 5100 moderna villor (med dagens standarteknik) under 60 år.

Den totala emissionen av koldioxid under 60 år för faserna byggnation, drift och underhåll har beräknats och resultaten framgår av figur 13. Som framgår visar byggnationsfasen på den största emissionen av koldioxid medan driften nu spelar en betydligt mindre roll än vid energijämförelsen. Detta beror på att driftfasens energianvändning baseras på elenergi med låg emissionsfaktor för koldioxid medan byggnationsfasen utgörs av dieselanvändning i olika fordon och maskiner vilka genererar mera koldioxid per energienhet. Den totala emissionen av fossilbaserad koldioxid under 60 år har uppskattats till ca 254 000 ton. Under de ca 8 byggåren blir koldioxidutsläppen ca 16 100 ton årligen. Under drifttiden (inkluderat drift och underhåll) beräknas medelemissionen av koldioxid ligga på ca 2400 ton årligen.

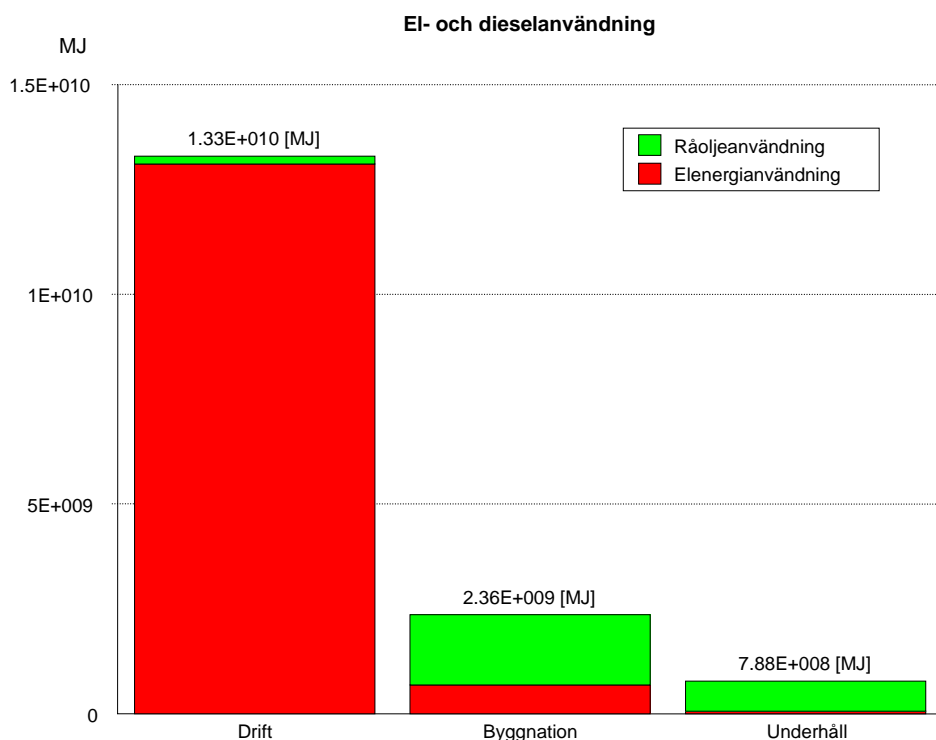
Eftersom produktionen i Sverige av vattenkraft och kärnkraft med låga emissionsfaktorer för CO₂ är begränsad så förordas ibland att man i stället använder så kallad marginalelproduktion vid beräkningar av investeringar som medför en ökning av elförbrukningen i det svenska kraftnätet. Som exempel visas i figur 14 koldioxidemissionen för Förbifart Stockholm om elproduktion skulle ske med kolkondenskraft. Kolkondenskraft kan ses som ett exempel på marginalelproduktion med mycket hög emissionsfaktor av koldioxid (ca 700 g CO₂/kWh producerad elenergi⁹). Det är dock inte särskilt troligt att denna emissionsnivå kommer att avspegla de verkliga emissionerna. Med denna marginalelproduktion skulle de totala emissionerna av fossilbaserad koldioxid under 60 år bli 5,83 miljoner ton (motsvarande 97200 ton/år i medeltal) och emissionerna från driften skulle vara helt dominerande.

Som en jämförelse kan sägas att koldioxidemissionen för Stockholms län under år 2006 uppgick till 5 256 000 ton. Koldioxidemissionen från vägtrafiken respektive arbetsmaskiner var 2 438 000 ton respektive 159 100 ton år 2006 för Stockholms län. Sveriges totala fossilbaserade koldioxidutsläpp år 2006 var 51,5 miljoner ton. För att få en visuell uppfattning om storleksordningarna av koldioxidemissionerna från Förbifart Stockholm visas till sist en jämförande figur över några av koldioxidemissionerna, figur 15. Trafikemissionerna i Stockholms län jämförs här med de beräknade totalemissionerna från Förbifart Stockholm. Jämförelsen baseras på en 60-årig beräkningsperiod även för trafiken och dagens trafikförhållande har antagits för hela beräkningsperioden. Beräkningarna för Förbifart Stockholm presenteras med två olika produktionsmetoder för elkraft. Den 60-åriga beräkningsperioden används endast av beräkningstekniska skäl för att en jämförelse skall vara möjlig att göra. Studien gör inga anspråk på att kunna förutsäga de exakta förhållanden som kommer att råda under de närmaste 60 åren.

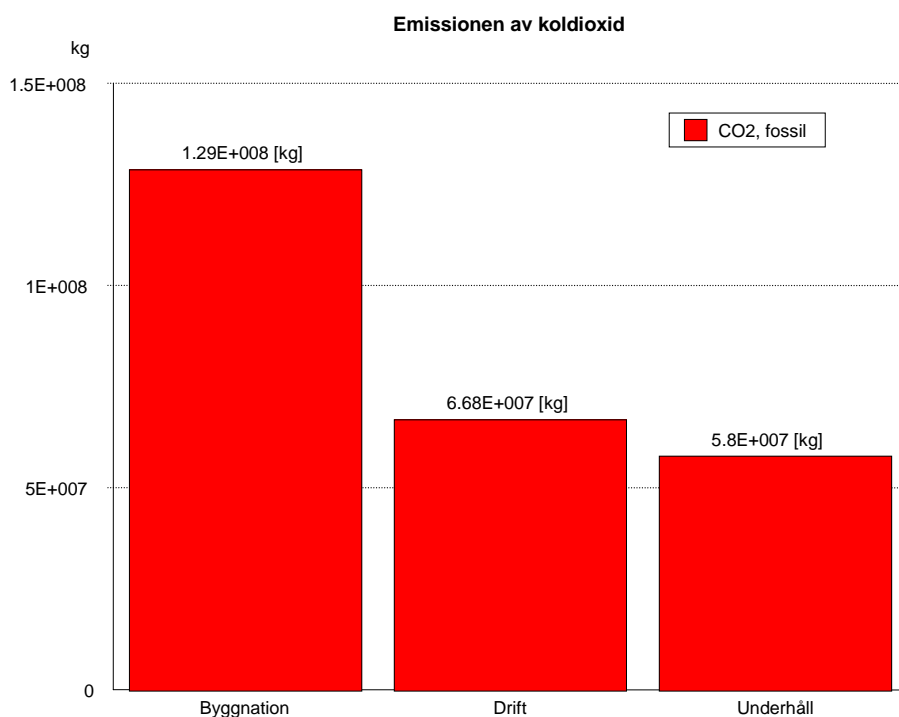
¹⁶ 1 kWh=3,6 MJ



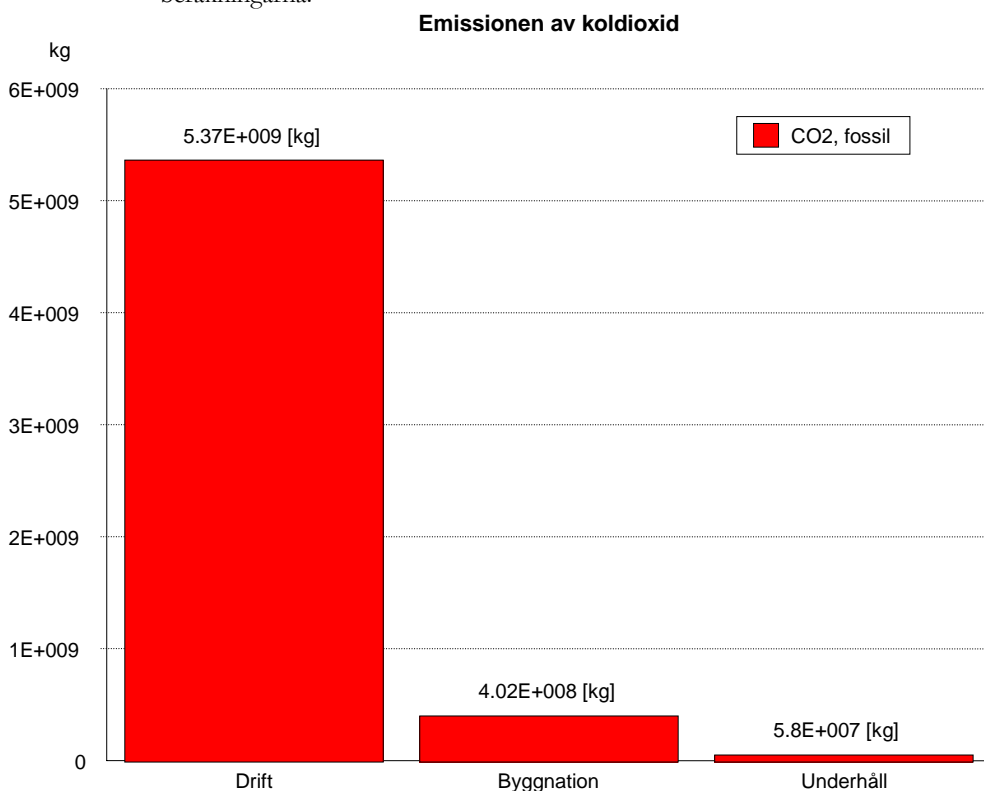
Figur 11 El- och dieselförbrukningen för hela Förbifart Stockholm under 60 år uppdelat på faserna byggnation, drift och underhåll. Dieselförbrukningen är räknad som resursförbrukning av råolja inkluderande raffinering och distribution.



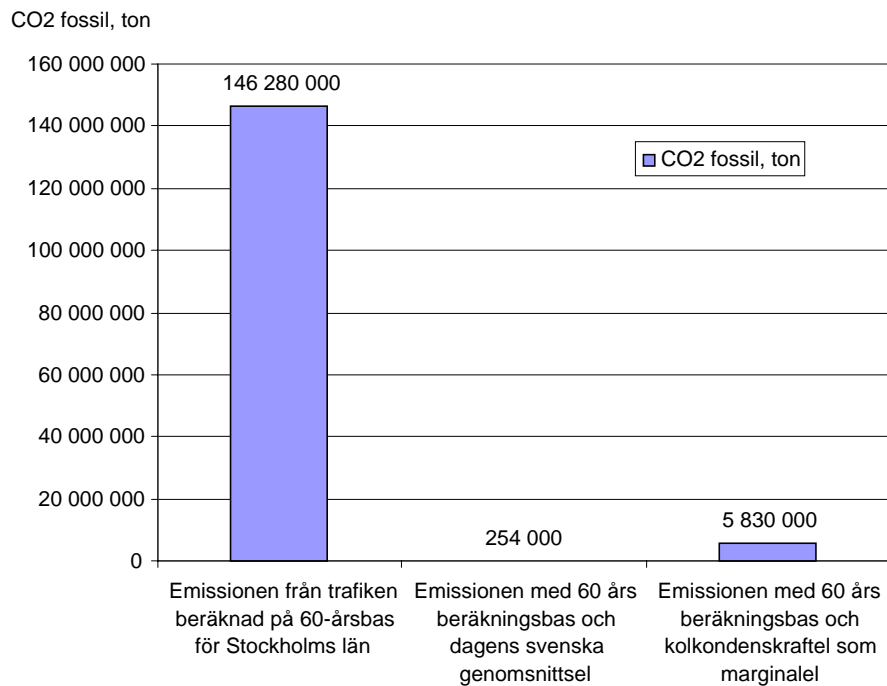
Figur 12 Energianvändningen för hela Förbifart Stockholm under 60 år uppdelat på faserna byggnation, drift och underhåll. Dieselförbrukningen är räknad som resursförbrukning av råolja inkluderande raffinering och distribution.



Figur 13 Emissionen av koldioxid för hela Förbifart Stockholm under 60 år uppdelat på faserna byggnation, drift och underhåll. Dagens svenska genomsnittselproduktion har använts vid beräkningarna.



Figur 14 Emissionen av koldioxid för hela Förbifart Stockholm under 60 år uppdelat på faserna byggnation, drift och underhåll. Här har, som ett exempel på marginalelproduktion, elkraftproduktion med kolkondenskraft använts.



Figur 15 Jämförande figur visande storleksordningar för olika emissioner av koldioxid i Stockholms län. De två emissionsfallen för Förbifart Stockholm med olika elproduktion jämförs med emissionen från trafiken i Stockholms län.

Bilaga 1. Livscykelanalys (LCA) - en översikt

LCA är en metod med vars hjälp man kan beskriva och kvantifiera produkters miljöbelastning under alla steg i livscykeln, från utvinning av råvaror, tillverkning och användning till återvinning och avfallshantering. En livscykelanalys är således en kartläggning av resursanvändning och emissioner till luft, vatten och mark från ”vaggan till graven” för en produkt.

Inom ISO (International Organization for Standardisation) har man utvecklat standarder för livscykelanalyser, den s.k. ISO 14040-serien. I enlighet med standarderna består en livscykelanalys av följande delar:

- *Definition av mål och omfattning:* Syftet med analysen anges i detta steg. Vidare sätts målen för studien upp, systemgränser väljs, funktionell enhet, d v s vad som studeras och som alla resultat hänförs till, definieras m m.
- *Inventeringsanalys:* I detta steg beräknas material- och energiflöden till och från det undersökta systemet och data för alla delaktiviteter samlas in och sammanställs.
- *Miljöpåverkansbedömning:* I miljöpåverkansbedömningen aggregeras resultaten från inventeringsanalysen och en utvärdering av potentiella miljöeffekter görs. Exempel på miljöeffekter är växthuseffekt, försurning, eutrofiering samt marknära ozon. Miljöpåverkansbedömningen är indelad i tre delar:
 - *Klassificering:* Emissioner och resursflöden grupperas efter olika miljöpåverkanskategorier. Alla typer av emissioner som kan bidra till exempelvis växthuseffekten grupperas under rubriken ”växthuseffekten” och alla typer av emissioner som bidrar till försurningen grupperas under rubriken ”försurning” etc. Vissa ämnen eller emissioner kan bidra till flera olika miljöpåverkanskategorier samtidigt.
 - *Karakterisering:* Karakteriseringen innebär att de olika bidragen till respektive miljöpåverkanskategori aggregeras så att ett enda tal för respektive miljöpåverkanskategori erhålls. Exempelvis aggregeras utsläpp av koldioxid och metan, som listas under kategorin klimatpåverkan, till koldioxidekvivalenter. Därefter summeras ekvivalenterna. På så sätt erhålls ett kvantitativt mått på de miljöpåverkanskategorier som studeras.
 - *Viktning:* I viktningsteget (värdering) viktas de olika kategoribidragen från karakteriseringen samman till ett eller några få tal. Detta sker genom att använda värderingsmetoder, som utformats för att på något sätt fånga upp och beskriva hur samhället förväntas värdera de olika bidragen. Många LCA-studier stannar ofta vid den ”miljöpåverkanprofil” som ges av karakteriseringen. Syftet är då att låta användaren av studien matcha miljöpåverkanprofilen mot sina egna preferenser och värderingar.
- *Tolkning:* I tolkningsteget tolkas resultaten och förslag till förbättringar/åtgärder ges.

LCA används ofta som ett verktyg för att identifiera i vilket/vilka led en produkt, tjänst eller process har sin största miljöpåverkan. LCA används idag som underlag för både kortsiktiga och långsiktiga beslut och kan användas av såväl företag som offentliga myndigheter. LCA kan exempelvis användas:

- för att lära känna sin produkt eller sitt systems miljöegenskaper
- som jämförelse mellan olika alternativa produkter, processer etc.
- som underlag för produktutveckling
- som stöd i miljöledningsarbetet
- som underlag till miljövarudeklarationer (EPD) eller miljönyckeltal
- som underlag för miljökommunikation och marknadsföring
- som underlag för upphandling