

KLIMATPÅVERKAN FRÅN BYGGANDE AV HÖGHASTIGHETSJÄRNVÄG (JÄRNA- GÖTEBORG, JÖNKÖPING – LUND)

PM del 3, Klimatkalkyl inklusive klimatkrav

Stockholm-Globen 2017-06-20

WSP Sverige AB

Elisabeth Hochschorner, Sara Nilsson, Stefan Uppenberg

WSP Environmental Sverige

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

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

INNEHÅLL

1	INTRODUKTION OCH BAKGRUND	3
1	METOD	3
2	KLIMATPÅVERKAN FRÅN BYGGANDE AV HÖGHASTIGHETSJÄRNVÄGEN – NULÄGE	5
2.2	Osäkerheter	6
2.2.1	Osäkerheter i modellverktyget	7
2.2.2	Osäkerheter kopplade till mängder och utformning	7
2.3	Beräknade utsläpp från byggande av höghastighetsjärnväg med genomförda reduktionsåtgärder	8
3	KOSTNADSEFFEKTIVA ÅTGÄRDER FÖR MINSKAD KLIMATBELASTNING	9
3.2	Relaterad forskning och internationell utblick	9
3.3	Åtgärder för minskade utsläpp från byggande av infrastrukturen	10
3.3.1	Åtgärder kopplade till planskede / linjeval / teknikval	11
3.3.2	Betong och cement, produktval och tillsatsmaterial	12
3.3.3	Produktval stål – armering och räls	13
3.3.4	Ny teknik för cement- och ståltillverkning	14
3.3.5	Konstruktiv optimering av byggnadsverk	14
3.3.6	Fordon, bränslen och styrning	15
3.3.7	Konsekvensanalys mindre projekt	Fel! Bokmärket är inte definierat.
3.4	Kostnadseffekter av åtgärder	15
3.5	Möjliga åtgärds kombinationer för att nå reduktionsmål	16
4	SLUTSATS / DISKUSSION	18

Bilaga 1: Sammanställning klimatutsläpp för höghastighetsjärnväg

Bilaga 2: Identifierade åtgärder och deras potentialer

Bilaga 3: Anteckningar från workshop om klimatkostnader

1 Introduktion och bakgrund

Infrastrukturen för vägar, järnvägar och andra trafikslag står för en betydande del av transportsektorns utsläpp av växthusgaser sett ur ett livscykelperspektiv. Läger man ihop klimatpåverkan från trafik och infrastruktur står byggande och underhåll av infrastrukturen för ca 10 procent av denna klimatpåverkan. Lokalisering och utformning av infrastrukturen påverkar materialåtgång och mängden massförflyttning vilket i sin tur påverkar energiåtgång och klimatbelastning. Det övergripande målet för svensk transportpolitik är att transportförsörjningen ska göras samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar.

Det saknas en gemensam beskrivning av den totala klimatpåverkan från en ny höghastighetsjärnväg (Järna – Göteborg, Jönköping – Lund). Siffror finns för den negativa påverkan från anläggningen (byggande, drift och underhåll), men beräkning av den positiva effekten från överflyttning av trafik på systemnivå är inte fullständig. Befintliga klimatkalkyler för de olika delarna av ger ett utgångsläge som är representativt för utgångsläge 2015. För höghastighetsjärnvägen gäller dock de klimatkrav som Trafikverket introducerade 2016. Utgångsläget blir därför inte representativt för en situation där klimatkrav ställs.

Krav på att kunna redovisa en gemensam beskrivning av total klimatpåverkan från ny höghastighetsjärnväg kan komma att ställas inom kort från externa instanser, exempelvis Länsstyrelser vid godkännande av MKB. WSP har därför fått i uppdrag att ta fram en utredning för *Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg*. Uppdraget omfattar följande delar:

1. Beräkna minskning av koldioxidutsläpp från överflyttning av trafik
2. Känslighetsanalys klimatscenario
3. Klimatkalkyl inklusive klimatkrav
4. Gemensam beskrivning av klimatpåverkan på programnivå

Detta deluppdrag, del 3, har inkluderat att:

- a) Redovisa kostnadseffektiva åtgärder inklusive deras kostnader för att åstadkomma en reduktion av klimatpåverkan från infrastrukturen på 30 % jämfört med utgångsläget i 2014 års prisnivå. Åtgärderna ska avse byggskede inklusive projektering (även planskede).
- b) Som känslighetsanalys ska även kostnadseffektiva åtgärder inklusive deras kostnader för att åstadkomma en reduktion av klimatpåverkan från infrastrukturen på 50 % jämfört med utgångsläget i 2014 års prisnivå ges. Åtgärderna ska avse byggskede inklusive projektering (även planskede).

1 Metod

För att få en samlad bild över klimatutsläpp kopplade till byggande av höghastighetsjärnväg har de klimatkalkyler som gjorts för de ingående delsträckorna i

modellen Klimatkalkyl version 4.0 använts¹. Klimatkalkylerna har sammanställts och osäkerheter har analyserats.

Klimatkalkyl är Trafikverkets modell för att beräkna den energianvändning och klimatbelastning som transportinfrastrukturen ger upphov till ur ett livscykelerspektiv. Modellen är baserad på metodik för livscykelanalys (LCA)² och använder emissionsfaktorer tillsammans med resursschabloner och projektspecifik indata för att beräkna energianvändning och emissioner av koldioxidekvivalenter (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. 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.

De sammanställda klimatkalkylerna har utgjort utgångsläget för att beräkna hur man med olika typer av åtgärder skulle kunna minska klimatbelastningen för höghastighetsjärnvägens byggskede, inklusive projektering, med 30 % respektive 50 % jämfört med utgångsläge 2014. Detta har gjorts genom att:

1. Åtgärder har identifierats utifrån vilka projektdelar som står för de största utsläppen, baserat på befintliga klimatkalkyler för de olika delprojekten enligt ovan
2. Möjliga effekter i form av besparingspotentialer för respektive åtgärd har identifierats utifrån tidigare publicerade rapporter och utredningar (se vidare beskrivning under 3.3 nedan) samt kvantifierats
3. Kombinationer av åtgärder för att nå reduktionsmålen har beräknats

För att slutligen beskriva kostnadseffektiva åtgärder anordnades en workshop med utvalda experter från branschen för att bedöma kostnader för åtgärder och kombinationer av åtgärder. Syftet var att med hjälp av den erfarenhet som finns hos beställare, konsulter, entreprenörer och materialleverantörer få grepp om hinder och möjligheter kopplade till olika typer av åtgärder samt göra en realistisk bedömning av olika åtgärders påverkan på totalkostnaden. Målet med workshopen var att göra en bedömning av om åtgärder ledde till minskade kostnader, ökade kostnader eller ifall de kunde betraktas som kostnadsneutrala

¹ Nordin, 2106. Klimatkalkyl Höghastighetsbana med justering för bilbana Linköping, Klimatkalkyl indata och resultat 2016-06-30; Rönnblom, 2016. HSR Linköping-Borås, Klimatkalkyl indata och resultat 2016-07-04; Bylund, 2016. Rakavägen bro, Klimatkalkyl indata och resultat 2016-06-28; Bylund, 2016 Mönlycke-Bollebygd, Klimatkalkyl indata och resultat 2016-06-28; Bylund, 2016. Väst – mörkgrön, Klimatkalkyl indata och resultat 2016-06-29; Bylund, 2016. Rosa_1974, Klimatkalkyl indata och resultat 2016-06-28; Ålander, 2016. Höghastighetsjärnväg Jönköping-Malmö v.1, Klimatkalkyl indata och resultat 2016-07-05

² ISO 14040, 2006. Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework, International Organisation for Standardization, Geneva

2 Klimatpåverkan från byggande av höghastighetsjärnvägen – nuläge

Byggande och underhåll av infrastruktur står för en betydande del av transportsektorns klimatbelastning. Lokalisering och utformning av infrastrukturen påverkar materialåtgång och mängden massförflyttning vilket i sin tur påverkar energiåtgång och klimatbelastning. Nedan redovisas de utsläpp som är förknippade med byggande av höghastighetsjärnväg, baserat på de klimatkalkyler som gjorts för respektive delsträcka.

Tabell 1 Utsläpp för de olika delsträckorna

	Klimatgasutsläpp (kton CO ₂ e)	Klimatgasutsläpp per sträcka (kton CO ₂ e/km)
Ostlänken	1 496	8,8
Göteborg-Borås	714	11
Linköping-Borås	1 952	9,7
Jönköping- Malmö	1 630	6,5
Totalt	5 792	8,4

Detta ger ett genomsnitt om ca 8,4 kton koldioxidekvivalenter per km. Som jämförelse kan nämnas att utsläppen från byggandet av Botniabanan beräknades till ca 2,3 kton koldioxidekvivalenter per km³ enkelspårig järnväg med mötesstationer, motsvarande ca 4,6 kton koldioxidekvivalenter per km dubbelspårsjärnväg. Utsläppen från byggandet av Förbifart Stockholm beräknas uppgå till ca 27 kton koldioxidekvivalenter per km⁴.

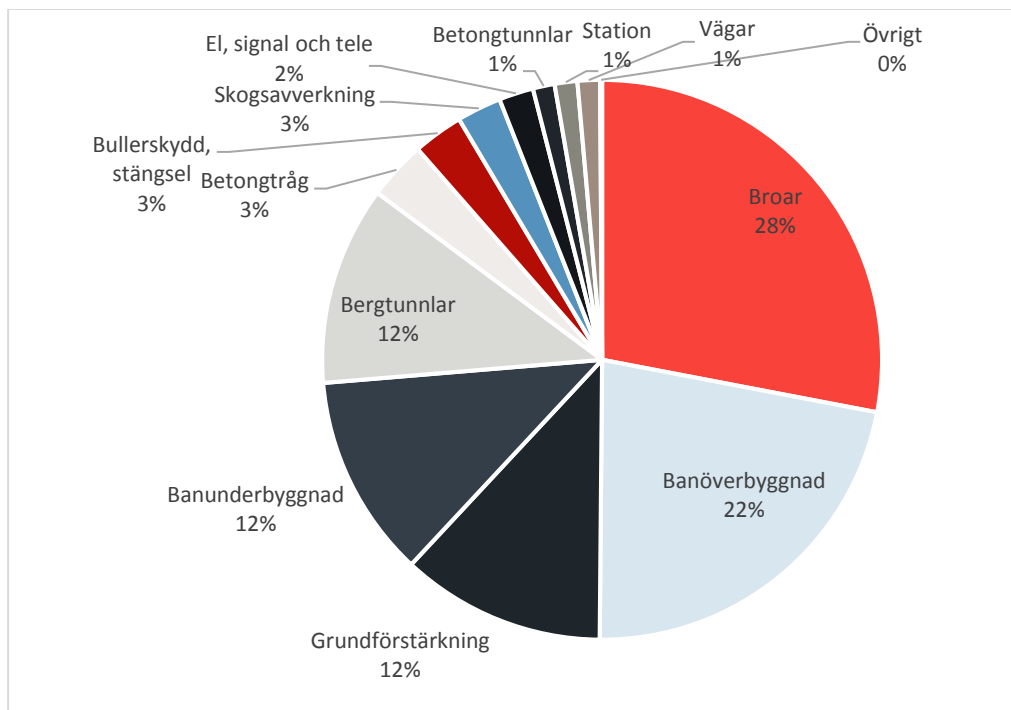
Vid jämförelse med andra järnvägsprojekt ligger utsläppen från byggande av höghastighetsjärnvägen relativt högt. Det finns flera anledningar till detta. En anledning är att man tagit beslut om att använda ballastfri banöverbyggnad, s.k. "slab-track". Istället för sliprar som vilar på ballast används en betongplatta som rälsen fäster i. Främsta anledningen är att underhållet minskar, men resultatet blir istället en mycket högre användning av betong, som i sig ger höga utsläpp av koldioxidekvivalenter.

En annan anledning till de relativt höga utsläppen är en anpassning av bergtunnlar, där sprutbetong ersatts med en betonglining som är ca 30 cm tjock. Även här leder den ökade mängden betong till ökade utsläpp i byggskedet. De utredningar som gjorts inför val av tunnellsättning visar dock på att den valda lösningen inte ger högre materialanvändning ur ett livscykelperspektiv på grund av mycket längre livslängd för lining än för sprutbetong.

³ Environmental Product Declaration for the railway infrastructure on the Bothnia Line, Trafikverket 2015.

⁴ <https://www.sgbc.se/docman/hi-2016/hi-dagen-2016/715-11-cecilia-kjellander-klimatstyrning-pa-stora-projekt/file>

En fördelning över utsläpp från respektive del kan ses i Figur 1 nedan. Som diagrammet visar står broar tillsammans med banöverbyggnad för hälften av utsläppen. Bergtunnlar, grundförstärkning och banunderbyggnad har också stor inverkan på klimatbelastningen.



Figur 1 klimatbelastning för delkomponenter av höghastighetsjärnvägen

Den allra största delen av utsläppen, ca 75-80 %, kommer från användning av material som betong och stål, som ger upphov till stora klimatgasutsläpp vid tillverkningen. En mindre del av utsläppen, ca 15-20 %, kommer från arbetsmaskiner och fordon som används för schaktarbeten, krossning, masstransporter m.m. vid byggandet av järnvägen. En mycket liten del av utsläppen, ca 3%, kommer från den permanenta skogsavverkning som görs för att bereda plats för järnvägen. Av de materialrelaterade utsläppen kommer nästan allt från den handlande sektorn inom EU ETS⁵.

Se också bilaga 1 för sammanställning av klimatkalkyler för de olika delprojekten.

2.2 Osäkerheter

Ovan beskrivna sammanställning av delsträckornas klimatkalkyler ger en möjlig bild över de klimatgasutsläpp som uppstår vid byggande av höghastighetsjärnväg enligt gällande förslag för linjeval och utformning, och med de typåtgärder som beskrivs i

⁵ Handelssystemet för utsläppsrätter inom EU

klimat kalkylmodellen. Det bör dock hållas i åtanke att underlaget på grund av projektets tidiga skede är förknippat med stora osäkerheter. De största källorna till osäkerheter finns beskrivna nedan.

2.2.1 Osäkerheter i modellverktyget

Modellverktygets resursschabloner 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.

Generellt gäller också att kalkylmodellen för klimat kalkyl inte täcker in allt. Installationer samt transporter av material och komponenter från producenten till entreprenaden, som t.ex. prefabricerade betongelement, rör och ledningar, installationer m.m., är inte inkluderade i den gällande versionen av Klimat kalkyl. Orsaken till det är att dessa delar bedöms stå för ett litet bidrag till klimatgasutsläppen sett till helheten⁶. Ett konservativt antagande är att de delar som inte ingår kan bidra med upp till 10 % av klimatgasutsläppen. Med hänsyn till detta är det troligt att utgångsläget för klimatgasutsläpp från byggande av höghastighetsjärnvägen hamnar på omkring 6,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter.

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, d.v.s. både leda till över- och underskattningar.

2.2.2 Osäkerheter kopplade till mängder och utformning

Osäkerhet i indata för enskilda projekt bedöms vara den största osäkerheten och den största felkällan vid användning av klimat kalkylmodellen⁷. I tidiga skeden saknas full kännedom om hur projektet kommer att byggas och klimat kalkylen bygger på grovt uppskattade värden. Dessutom finns osäkerheter förknippade med hur underlag har tolkats och förts in.

Eftersom delsträckorna befunnit sig i olika skeden när klimat kalkyl beräknats skiljer sig också de osäkerheter som är förknippade med underlaget åt.

För underlaget till klimat kalkylerna har framför allt följande osäkerheter kunnat identifieras:

- Befintliga klimat kalkyler räknar olika på grundförstärkning
- Tunnlar – ur det underlag som funnits tillgängligt för denna utredning framgår det ej hur klimat kalkyler för de olika delsträckorna räknat på tvärsnittsareor och betongsäkring för bergtunnlar, vilket kan inverka på resultaten i både negativ och positiv riktning.

⁶ Enligt livscykelanalys för Botniabanan 2010, Botniabanan AB

⁷ PM Klimat kalkylmodellen – osäkerheter kopplade till beräkning av utsläpp från höghastighetsbanan (TRV 2016/92161)

- Byggnadsverk såsom perronger, betongtunnlar, betongtråg och broar. Speciellt gäller osäkerheter för station Landvetter som i klimatkalkylen är angiven som typåtgärd för underjordisk station i jord, baserad på station för Västlänken. Stationen för Landvetter planeras få en betydligt mindre och enklare utformning än för Västlänken.

För att bedöma omfattningen av osäkerheterna har underlag till Sverigeförhandlingen (2015:241)⁸ om utbyggnadsstrategier och förhandlingsunderlag för höghastighetsjärnvägar använts. Eftersom fördelningen av klimatutsläpp och kostnader ofta går hand i hand har det antagits att motsvarande osäkerheter gäller även för klimatutsläppen.

Lennefors och Eriksson skriver: "Osäkerheten uttryckt som en standardavvikelse är bedömd till 20-30 % av kostnaden (+/- 20% för delsträckor som är föremål för lokaliseringsutredning, och +/-30% för delsträckor om åtgärdsvalsstudie) på 50 %-nivån för de olika delprojekten. För att matematiskt korrekt bedöma den totala osäkerheten måste en gemensam osäkerhetsanalys genomföras för samtliga fyra delsträckor. Någon sådan analys har inte genomförts och Trafikverket har heller inte planerat att göra någon sådan analys. Osäkerheterna kommer att redovisas per delsträcka. Det redovisade kostnadsintervallet bygger på antagandet att den totala osäkerheten är på ca 25 % av den totala kostnaden uttryckt som 50 % sannolikhet." (sid 11)

Tabell 2 Osäkerhet i klimatgasutsläpp räknat på +/-25 %

	Min (Mton CO ₂ e)	Max (Mton CO ₂ e)
Utsläpp från HHJv inklusive 25 % osäkerhet	4,8	8,0

Inkluderat osäkerheter är det troligt att klimatgasutsläppen för byggande av hela höghastighetsjärnvägen hamnar på någonstans mellan 4,8 och 8 miljoner ton koldioxidekvivalenter, för utgångsläge 2015. Översatt i utsläpp per sträcka blir detta mellan 7000 och 12 000 ton per km.

2.3 Beräknade utsläpp från byggande av höghastighetsjärnväg med genomförda reduktionsåtgärder

Med ovan beräknade osäkerheter erhålles ett möjligt spann för klimatgasutsläpp baserat på utgångsläget. Utsläpp till följd av byggande kommer dock troligtvis ske mellan 2025 och 2040, varför uppskattning av utsläpp också behöver ta Trafikverkets antagna målnivåer för reduktion av klimatgasutsläpp i beaktning. I denna utredning har målnivån 30 % reduktion till 2025 använts. Som känslighetsanalys har även 50 % reduktion studerats.

⁸ Lennefors och Eriksson, 2015. Utbyggnadsstrategier och förhandlingsunderlag för höghastighetsjärnvägar, Underlag till Sverigeförhandlingen, 2015:241, Trafikverket.

Tabell 3 Klimatgasutsläpp från byggande av höghastighetsjärnvägen, med hänsyn tagen till målnivåer för reduktion

Målnivåer	Klimatutsläpp min (Mton CO ₂ e)	Klimatutsläpp max (Mton CO ₂ e)
30 % reduktion	3,4	5,6
50 % reduktion	2,4	4,0

Med angivna målnivåer beräknas de totala utsläppen för byggandet hamna mellan 3,4 och 5,6 miljoner ton respektive 2,4 och 4,0 miljoner ton, se Tabell 3 ovan.

3 Kostnadseffektiva åtgärder för minskad klimatbelastning

Som en del av utredningen har kostnadseffektiva åtgärder, inklusive deras kostnader, identifierats för att minska klimatbelastningen med 30 % och 50 % för höghastighetsjärnvägens byggskede inklusive projektering, jämfört med utgångsläge 2014. Med "kostnader" menas här företagsekonomiska kostnader utgående från gällande politik. Nedan redovisas:

- Information om relaterad forskning och internationell utblick med avseende på kostnadseffekter av klimatåtgärder i infrastruktursektorn,
- Beskrivning av åtgärder för minskade utsläpp från byggande av infrastrukturen som legat till grund för workshop och analys,
- Översiktlig redovisning av troliga kostnadseffekter av åtgärder,
- Möjliga åtgärds kombinationer för att nå reduktionsmål samt rekommendationer för att förbättra förutsättningarna för framgångsrik implementering av kostnadseffektiva åtgärder i höghastighetsprojektet.

3.2 Relaterad forskning och internationell utblick

Minskad klimatpåverkan och minskade kostnader går ofta hand i hand, vilket har konstaterats i ett flertal sammanhang internationellt, se t.ex. The third Carbon Crunch seminar⁹ och The Infrastructure Carbon Review¹⁰. Som exempel kan nämnas att infrastrukturindustrin i Storbritannien anges kunna minska sina kostnader med närmare 1,5 miljarder pund, genom att införa banbrytande klimatreducerande åtgärder.^{Fel! Bokmärket är inte definierat.}

Företag som inför klimatreduktioner spås enligt dessa källor ha goda konkurrensfördelar både på den globala och inhemska marknaden, eftersom de minskar kostnaderna, möjliggör innovationer, driver på resurseffektivitet, ger

⁹ The third Carbon Crunch seminar hosted by Mott MacDonald, 25 November 2015 at the Institution of Civil Engineers, London

¹⁰ The Infrastructure Carbon Review, <https://www.gov.uk/government/publications/infrastructure-carbon-review>

konkurrenskraftiga fördelar med möjlighet till export och bidrar till att minska den globala klimatpåverkan.

Nyckelfaktorer som framhävs för att minska klimatpåverkan från infrastrukturprojekt är samspel mellan myndigheter och industri, ledarskap för att möjliggöra förändring, innovation inom leverantörskedjan och upphandling som driver på leverantörer.

Rootzén och Johansson¹¹ har i sin forskning studerat förutsättningarna för att minska koldioxidutsläppen från europeisk och svensk basindustri, bland annat cement-, järn- och stålindustrierna. För att nå nära noll utsläpp från basindustrin krävs både transformativa förändringar, i form av utveckling av ny produktionsteknik, och nya styrmedel som kan motivera producenter att göra investeringar för en framtida efterfrågan av koldioxidneutrala produkter.

De investeringar som krävs för att minska koldioxidutsläppen från basindustrin till nära noll skulle ge betydande ökning av kostnader för producerade material och per minskat ton CO₂, men en liten prisökning på slutprodukten/tjänsten, vilket därmed bör skapa en efterfrågan hos slutkonsumenten. Som exempel visar de att prisökningen för hus och bilar endast antas bli i storleksordningen 0,5 %, till följd av åtgärder som bättre materialval och lättare konstruktion, även om kostnaderna för betong och stål ökar markant per ton (i storleksordningen 70 % resp. 25 %).

3.3 Åtgärder för minskade utsläpp från byggande av infrastrukturen

I denna utredning har främst åtgärder relevanta för detaljprojekterings- och byggskedet studerats i detalj. Urvalet av åtgärder har baserats på en analys av vilka som är de största utsläppskällorna vid byggande av höghastighetsjärnväg, se Figur 1. Åtgärderna som redovisas nedan avser klimatoptimering av följande projektdelar:

- Byggnadsverk
- Banöverbyggnad
- Bergtunnlar
- Grundförstärkning
- Användning av fordon och arbetsmaskiner

Åtgärdernas reduktionspotentialer har i de allra flesta fall (där inte annat anges) hämtats från Uppenberg et al (2017)¹². I analysen har även *Förslag till klimatkrav i mindre investeringsprojekt*¹³ studerats, och i den rapporten rekommenderas jämförbara reduktionsnivåer:

- 30 % minskning av klimatgasutsläpp för cement till 2025

¹¹ Rootzén and Johansson, 2015, DN Debatt. Plan saknas för att minska basindustrins klimatpåverkan, se <http://www.dn.se/debatt/plan-saknas-for-att-minska-basindustrins-klimatpaverkan/>

¹² Uppenberg et al, 2017, Klimatoptimerat byggande av betongbroar – Råd och vägledning, SBUF-projekt 13207

¹³ Sjöström et al, 2017, Förslag till klimatkrav i mindre investeringsprojekt, Tyréns på uppdrag av Trafikverket

- 50 % minskning av klimatgasutsläpp för armeringsstål till 2025
- För storstadsregionerna till 2020: Minst 20 % av energianvändningen i entreprenaden ska bestå av höginblandade/rene biodrivmedel som inte omfattas av reduktionsplikt¹⁴ och/eller el från förnybara energikällor. Bonus om nivån minst 40 % uppnås.
- För konstruktionsstål är det ej rimligt att ställa högre krav än utgångsnivån till 2020, men däremot bör krav på EPD:er införas och från 2025 krav på minskningar av utsläppsnivåer

Alla kvantifierade åtgärder för minskade klimatgasutsläpp redovisas i Bilaga 2.

3.3.1 Åtgärder kopplade till planskede / linjeval / teknikval

Utöver åtgärder i 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 ske i planeringsskedet. Åtgärder i planeringsskedet är dock alltid föremål för avvägning av motstående intressen mot varandra. Möjligheter att hantera massor lokalt för att undvika långa transporter står ofta i konflikt med avfallslagstiftning, markåtkomst och landskaps- och gestaltningsfrågor. Val av kortare broar, som direkt ger minskad klimatbelastning, står t.ex. ofta i konflikt mot landskapsanpassning och barriäreffekter som påverkar biologisk mångfald. Vid val av tekniska system för tunnlar och banöverbyggnad måste hänsyn tas till en mängd olika aspekter såsom punktlighetskrav, underhållskostnader och tillgängliga spårtider för underhåll.

Valen av bergtunnlar med betonglining samt ballastfri banöverbyggnad har gjorts baserat på utredningar som försökt beakta alla dessa aspekter. För bergtunnlar baseras valet på en övergripande jämförelse¹⁵ av olika lösningskoncepters möjligheter att tillgodose höghastighetsjärnvägarnas krav avseende de strategiska hållbarhetsfrågorna livscykelkostnad, miljöpåverkan, drifttillgänglighet samt arbetsmiljö för den personal som arbetar med underhåll. Den utförda jämförelsen indikerar att:

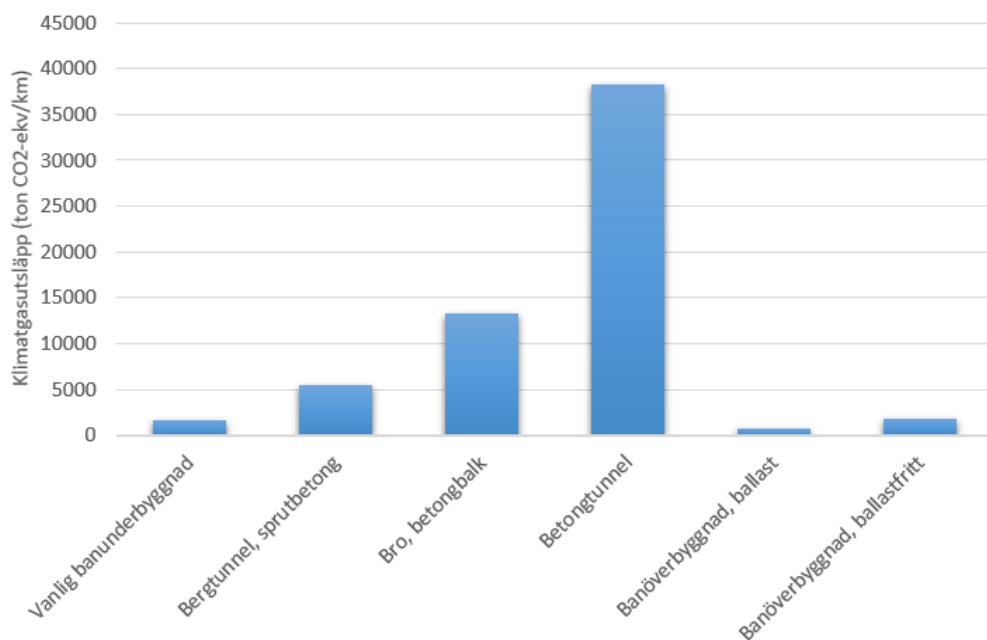
- Livscykelkostnaden bedöms bli lägre med en dränerad betonglining än för ett traditionellt utförande med selektiva dräner och sprutbetong.
- Miljöpåverkan bedöms bli lägre med ett betonglinat utförande jämfört med ett traditionellt utförande, framför allt baserat på längre livslängd för betonglinat utförande.
- Såväl drifttillgänglighet som underhållspersonalens arbetsmiljö och säkerhet bedöms bli bättre med betonginklädnad jämfört med ett traditionellt utförande.

¹⁴ Det kommande reduktionspliktsystemet innebär att drivmedelsleverantörer ska se till att den bensin och diesel som de säljer bidrar med en viss minskning av klimatpåverkan. Plikten ska uppnås genom inblandning av biodrivmedel och ska öka gradvis till 40 procent år 2030. Målet om 21 % reduktion för diesel till 2020 motsvarar ca 25 % inblandning av HVO (med hög reduktionsgrad).

¹⁵ Ett livscykelperspektiv på valet av inklädnadssystem för tunnlar på de svenska höghastighetsjärnvägarna – PM, Trafikverket, 2016

Valet av ballastfri banöverbyggnad har baserats på en jämförelse¹⁶ av konsekvenser för bland annat underhåll, reinvesteringar, livslängd, ballastsprut, solkurvor, konstruktionslösning och miljökostnad. Man konstaterar att både ballastfritt spår och ballastspår kan vid rätt utförande och rätt underhåll klara uppställda krav lika bra. Skillnaden mellan systemen är omfattningen av underhåll som är nödvändigt att genomföra under systemets livslängd. Och för att uppnå övergripande krav om punktlighet på 98 % och ett underhållsfönster mellan 00.00-06.00 rekommenderas att ballastfritt spår användas som huvudsakligt spårssystem förutsatt att markförutsättningarna tillåter det.

I Figur 2 nedan redovisas exempel på skillnader i utsläpp av klimatgaser från byggande av några olika anläggningsdelar, typåtgärder, per km dubbelspårig järnväg. Uppgifterna har hämtats från Trafikverkets modellverktyg Klimatkalkyl v.4.0 och är representativa för vanligt förekommande utförande av järnväg, liknande Botniabanan. Grundförstärkning, skogsavverkning och el-, signal-, teleanläggning är inte inkluderat.



Figur 2 Utsläpp av klimatgaser från byggande av olika typåtgärder per km dubbelspårig järnväg. Avser typåtgärder i Trafikverkets modellverktyg Klimatkalkyl v.4.0

3.3.2 Betong och cement, produktval och tillsatsmaterial

Inom betong- och cementbranschen pågår det en mängd olika initiativ för att ändra produktionsprocesser och ta fram nya typer av material. För betong sker de största utsläppen av klimatgaser vid tillverkning av cementklinker. Användning av andra tillsatsmaterial som bindemedel i betong kan ha stor inverkan på utsläppen, till exempel flygaska eller granulerad masugnsslagg (GGBS). Ersättning av

¹⁶ Utvärdering av beslut angående spårssystem för höghastighetsbanor i Sverige – PM, Trafikverket 2016

cementklinker med både flygaska och GGBS är relativt vanligt internationellt och det bedrivs en hel del forskning och testning inom området.

Inblandning av 20 % flygaska, GGBS eller motsvarande skulle bidra till en minskning av koldioxidutsläppen med ca 10 %¹⁷ för en bro eller annat byggnadsverk. Användning av betong med 20 % inblandning i alla byggnadsverk, banöverbyggnad, bergtunnlar och grundförstärkning skulle reducera utsläppen från höghastighetsjärnvägen med omkring 7 %. En ökning av mängden ersättningsmaterial till 35 % skulle på motsvarande sätt kunna minska höghastighetsjärnvägens utsläpp med 15 %.

En kombination av ersättning av cementklinker till så hög andel som möjligt med, ett aktivt val av cementprodukter med så låg klimatbelastning som möjligt (kan redovisas i tredjepartsgranskade miljövarudeklarationer, EPD, enligt EN15804) samt val av betongkvalitet (inte högre än nödvändigt) och -typ kan ge en ännu högre reduktionspotential, uppemot 27 %¹⁷, i utvalda byggnadsverk. Tillämpning i all betong vid byggande av höghastighetsjärnvägen kan reducera utsläppen med 18 %.

Hur stor mängd av cementklinkern som kan ersättas avgörs enligt standard SS137003 och de rådande exponeringsklasserna för respektive byggnadsverk. Det finns behov av fortsatt utveckling och harmonisering av regelverk som SS137003 och AMA Anläggning eftersom de sätter gränser för hur stora reduktioner av klimatgasutsläpp som kan uppnås för vissa åtgärder. I vissa exponeringsklasser, t.ex. XF4, tillåts endast mindre mängder flygaska eller GGBS (upp till 20 vikt-% av bindemedlet) vilket i sin tur innebär att möjligheter till att minska utsläpp av klimatgaser begränsas. Aktuell forskning visar på att åtminstone större mängder GGBS bör kunna tillåtas i XF4 (åtminstone upp till 35 vikt-% av bindemedelsmängden). Internationellt är denna typ av bindemedel tillåtna även för konstruktioner i XF4. Ett exempel är Norge, där Statens Vegvesen tillåter användning av ett CEM II/B-S (med 35 vikt-% GGBS) för vägbroar. Ett annat exempel är att prefab-industrin, t.ex. för betongpålar och broar, begränsas i möjligheter till ersättning av cementklinker eftersom en äldre version av EN206 gäller för CE-märkning av sådana produkter¹⁸.

Frågan om cementklinkers ersättning kan vara föremål för diskussion inom branschen även om man håller sig till standardens angivna nivåer, eftersom det finns olika åsikter om hur betongens egenskaper skulle påverkas, vilket till viss del kan bero på att det finns begränsad erfarenhet av tillämpning. Det finns även faktorer som påverkar byggskedet, såsom arbetsbarhet/gjutbarhet, beständighet, uttorkningstider. Även här behövs erfarenhet av att arbeta med nya material för att utveckla nya arbetssätt för att inte produktionstider ska bli en belastande faktor.

3.3.3 Produktval stål – armering och räls

För stålbranschen gäller att utsläppen kan variera en hel del beroende på tillverkningsprocess samt om man använder återvunnet stål i processen. Vilka energislag som används vid tillverkning har också betydelse. Medvetna produktval

¹⁷ Klimatoptimerat byggande av betongbroar – Råd och vägledning, SBUF-projekt 13207, 2017

¹⁸ Jonas Magnusson, NCC, pers. komm. maj 2017.

kan vara av stor betydelse. Skrotbaserad armering ger lägre utsläpp än armering av jungfrulig råvara.

Användning av europeisk armering ger betongkonstruktioner med ca 5 % lägre belastning än utgångsläget enligt modellen Klimatkalkyl, nordisk armering så mycket som 15 % lägre klimatbelastning för ett byggnadsverk. Användning av armering med europeisk eller nordisk armering i alla byggnadsverk kan reducera klimatgasutsläppen från höghastighetsjärnvägen med 2 % respektive 5 %.

För produktval räls är potentialen mindre än för armeringsstål eftersom tillverkningsprocessen är baserad på masugnsstål (jungfrulig råvara). Reduktionspotentialen för hela höghastighetsjärnvägen bedöms vara försumbar.

3.3.4 Ny teknik för cement- och ståltillverkning

Transformativa åtgärder i cement- och stålindustrin för att drastiskt minska klimatgasutsläppen för att tillverka dessa produkter skulle ge stora effekter i minskade utsläpp för höghastighetsjärnvägen. Forskning och utveckling inom detta område pågår inom dessa branscher, till exempel användning av vätgasreduktion vid ståltillverkning och användning av CCS-teknik (Carbon Capture and Storage) i både stål- och cementtillverkning.

Om stålindustrin skulle klara av att leverera i det närmaste klimatneutral armering skulle det ge ca 15 % lägre klimatgasutsläpp för höghastighetsjärnvägen, allt annat lika. På samma sätt skulle klimatneutral cement ge ca 35 % lägre klimatgasutsläpp om den användes i alla byggnadsverk, tunnlar och grundförstärkning. En klimatneutral ballastfri banöverbyggnad (d.v.s. både klimatneutral cement och rälsstål) skulle ge ca 16 % lägre klimatgasutsläpp. Dessa åtgärder kan te sig utopiska, men finns med i cement- och stålbranschernas visioner för framtiden. Koncernen HeidelbergCement har som mål att kunna producera klimatneutral cement redan 2030.

3.3.5 Konstruktiv optimering av byggnadsverk

Eftersom klimatgasutsläpp vid byggande av betongbroar är direkt relaterat till de mängder betong och armering som används så är optimering med avseende på materialmängder en viktig åtgärd för att minimera klimatgasutsläppen. Optimering innefattar såväl maximalt utnyttjande av det material som används som optimerad design av konstruktioner, till exempel optimerat förhållande mellan mängd armering och mängd betong med avseende på klimatbelastning.

Genomförda studier¹⁹ visar att parametrering, digitalisering och arbetssätt för samverkan och en effektiv design- och konstruktionsprocess kan ge klimatbesparingar på 20-60 % för byggnadsverk. Antagandet som använts här har därför varit att det är möjligt att uppnå 20 % reduktion med optimering av mängder. Sett till hela höghastighetsjärnvägens klimatbelastning ger detta 6 % minskning av klimatpåverkan.

¹⁹ Klimatoptimerat byggande av betongbroar – Råd och vägledning, SBUF-projekt 13207, 2017

3.3.6 Fordon, bränslen och styrning

Användning av förnybara bränslen för arbetsmaskiner och fordon, till exempel HVO, har potential att minska utsläpp under byggskedet. Fordonsleverantörer som Volvo tillåter idag användning av 100 % HVO i alla sina fordon, oavsett ålder, med bibehållna garantier²⁰. Det pågår också utveckling av hybrid- och elfordon och maskiner som kommer kunna ge utsläppsreduktioner på sikt. Det är dock troligt att det ligger mer än 10 år framåt i tiden innan det ger genomslag²⁰

Utöver användning av förnybara bränslen kan utsläpp reduceras påtagligt till följd av utbildning av förare och användning av ny digital teknik för träning, mätning och uppföljning av fordonsanvändning²¹.

Det finns också en stor potential att minska utsläpp från fordonsanvändning genom att skapa förutsättningar för effektiv och lokal masshantering samt genom att använda moderna uppkopplade system för logistik och fordonsstyrning.

I beräkningar har minskade utsläpp relaterat till fordons- och maskinanvändning i en utsträckning om 20, 40 och 80 % använts, vilket ger minskningar om 4, 8 respektive 16 % av klimatgasutsläpp för hela höghastighetsjärnvägen.

3.4 Kostnadseffekter av åtgärder

Vid den workshop som hölls kring kostnader för klimatåtgärder bedömde deltagarna gemensamt hur de åtgärder som beskrivits ovan kan påverka totalkostnaderna (företagsekonomiska) för höghastighetsjärnvägen utifrån en skala:

- minskade kostnader (mer än 5-10 % minskning)
- kostnadsneutralt
- ökade kostnader (mer än 5-10 % ökning)

I bedömningen av kostnadseffekter uppmanades deltagarna att väga samman en mängd aspekter, som produktkostnader/marknadsprisutveckling, teknikutvecklingsbehov, tidsplaneaspekter, byggbarhetsaspekter, produktionstider, utbildnings- och kompetensaspekter m.m.

Sammanfattningsvis bedömdes alla åtgärder, förutom ny klimatneutral teknik i cement- och stålindustrin, 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 gäller att det som kan påverka kostnaderna är framför allt sådant som påverkar produktionstider, som t.ex. armeringstider och härdningstider för betong. Planering är en nyckelfaktor, att få med det som ska vara med i rätt skede i processen.

Transformativa åtgärder i cement- och stålindustrin för att drastiskt minska klimatgasutsläppen för att tillverka dessa produkter bedömdes vid workshopen ge en tydlig ökning av totalkostnaden för att bygga höghastighetsjärnväg. I Chalmers

²⁰ Dokumentation från workshop, Bilaga 3

²¹ <https://www.sgbc.se/docman/hi-2016/hi-dagen-2016/713-20-stefan-pettersson-ny-teknik-for-matning-och-traning-ger-effektivare-fordonsanvandning/file>

forskning²², se avsnitt 3.2, angavs att totalkostnaden för ett hus skulle öka med mindre än 0,5 % även om cement blir 70 % dyrare. Workshopdeltagarna bedömde att den kostnadsökningen skulle bli större för ett infrastrukturprojekt eftersom en större andel av totalkostnaden för infrastrukturprojekt är relaterad till kostnader för material som betong och stål jämfört med ett husprojekt. En kvalificerad överslagsberäkning²³ av hur stor kostnadsökningen skulle kunna bli indikerar en ökning om ca 1,5 %, utgående från att betongkonstruktioner står för ca 50 % av total entreprenadkostnad, varav materialet står för ca 20%.

För fullständiga anteckningar från workshopen, se bilaga 3.

3.5 Möjliga åtgärds kombinationer för att nå reduktionsmål

I Tabell 4 nedan redovisas ett antal möjliga kombinationer av åtgärder, som beskrivits närmare ovan, för att reducera klimatgasutsläppen från byggande av höghastighetsjärnväg, samt den totala reduktionspotentialen för dessa kombinationer. Observera att åtgärds kombinationerna avser åtgärder som är möjliga i detaljprojekterings- och byggskedet med dagens bästa tillgängliga teknik, och reduktionspotentialerna är beräknade utifrån de teknikval och kalkyllinjer som använts för framtagande av kostnadskalkyler och klimatkalkyler i planeringsskedet. Linjeval, bro- och tunnellingder och andra val som kan göras i planeringsskedet kan ge påtagliga minskningar eller ökning av klimatgasutsläpp utöver detta.

För *cementklinkersättning* har antagits att detta görs för all betong som används, det vill säga i såväl byggnadsverk, betonglining i tunnlar, grundförstärkning (betongpålar och K/C-pelare) som ballastfri banöverbyggnad. Nivån 20 % cementklinkersättning motsvarar vad som är möjligt enligt gällande AMA Anläggning 13. Nivån 35 % cementklinkersättning motsvarar vad som är möjligt enligt cementstandard SS137003, och förutsatt att 35 % ersättning även tillåts för de högsta exponeringsklasserna, vilket kräver godkännande av avsteg från gällande version av SS137003. Kommande version av AMA Anläggning 17 kommer troligtvis vara harmoniserad med SS137003.

Åtgärderna *produktval armering* och *produktval rälsstål* förutsätter att man aktivt ställer krav på, eller på annat sätt säkerställer, leverans av stålprodukter med angivna nivåer för klimatprestanda. Det kan t.ex. göras genom krav på information om produktens klimatprestanda ur ett livscykelperspektiv i tredjepartsgranskad EPD enligt EN15804.

Konstruktiv optimering av byggnadsverk förutsätter att man uppnår ca 20 % lägre klimatbelastning för byggnadsverk (broar, betongtunnlar och andra betongkonstruktioner) genom att använda möjligheter till optimering genom parametrisering, digitalisering och arbetssätt för samverkan och en effektiv, iterativ design- och konstruktionsprocess.

²² Rootzén and Johnsson, 2015, DN Debatt. Plan saknas för att minska basindustrins klimatpåverkan, se <http://www.dn.se/debatt/plan-saknas-for-att-minska-basindustrins-klimatpaverkan/>

²³ Michael Ugglå, WSP, pers. komm. juni 2017

Åtgärderna 40 % respektive 80 % förnybart drivmedel el motsv. förutsätter att man når totalt 40 % respektive 80 % minskning av utsläpp från arbetsmaskiner och fordon som används i entreprenaderna. Detta kan göras genom ersättning av diesel med förnybara alternativ, som HVO, eller användande av fordon med el-/hybridteknik, eller användande av ny digital teknik för effektivare maskin- och fordonsstyrning, eller en kombination av alla dessa.

Tabell 4 Kombinationer av åtgärder för minskade klimatgasutsläpp från byggande av höghastighetsjärnväg med resulterande reduktionspotentialer.

Åtgärds kombinationer	Total reduktionspotential, HHJV
Cementklinkerersättning, motsvarande 20 %	7 %
Cementklinkerersättning, motsvarande 35 %	15 %
Cementklinkerersättning, motsvarande 35 % + produktval nordisk armering	26 %
Som ovan + konstruktiv optimering av byggnadsverk	31 %
Som ovan + 40 % förnybart drivmedel el motsvarande	39 %
Som ovan, 80 % förnybart drivmedel el motsv	47 %
Som ovan, 80 % förnybart drivmedel el motsv + produktval rälstål (-20 %)	49 %

Sammanställningen ovan visar att det är möjligt att nå målnivån 30 % reduktion av klimatgasutsläpp enbart med hjälp av åtgärder vidtagna under detaljprojekterings- och byggskedet. Dessa åtgärder är möjliga med dagens bästa tillgängliga teknik och med hjälp av ett aktivt och målmedvetet klimatarbete inom branschen bör de vara möjliga att genomföra.

För att nå målnivån 50 % reduktion av klimatgasutsläpp krävs dock att ytterligare åtgärder vidtas utöver de som redovisas i Tabell 4. Det kan handla om åtgärder som görs i planeringsskedet för att effektivisera masshantering, val av bro- och tunnellingder m.m. Det kan också handla om transformativa åtgärder när det gäller teknikutveckling inom cement- och stålindustrin för att drastiskt minska klimatgasutsläppen från dessa produkter.

Ett enkelt räkneexempel visar att man kan minska klimatbelastningen med 13 % genom att välja att bygga med traditionellt ballastspår istället för ballastfritt. Men det går inte att förespråka en sådan åtgärd så förenklat eftersom valet av ballastfritt spårssystem som gjorts har föregåtts av djupgående analyser som beaktat en mängd olika aspekter som punktlighetskrav, underhållskostnader, tillgängliga spårtider för underhåll m.m. Det är dock viktigt att hela tiden ha med klimataspekten i de val som görs i planeringsskedet för att kunna inkludera även den aspekten i de avvägningar och prioriteringar som görs för att ta tillvara reduktionsmöjligheter så långt det är möjligt. För denna typ av åtgärder i planeringsskedet finns alltid en tydlig koppling mellan minskade klimatgasutsläpp och minskade kostnader.

4 Slutsats / diskussion

Baserat på de klimatkalkyler som gjorts för byggande av höghastighetsjärnvägen, och med hänsyn tagen till de stora osäkerheter som är kopplade framförallt till det tidiga skede projektet befinner sig i, bedöms klimatgasutsläppen hamna någonstans mellan 4,8 och 8,0 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Med åtgärder för att nå målet om 30 % reduktion kan utsläppen hamna mellan 3,4 och 5,6 miljoner ton, och med 50 % reduktion nås utsläpp någonstans mellan 2,4 och 4,0 miljoner ton.

Denna utredning visar att målnivån om 30% reduktion bedöms vara fullt möjlig att nå med en kombination av studerade åtgärder i detaljprojekterings- och byggskedet. De flesta av dessa åtgärder kan betraktas som mer eller mindre kostnadsneutrala.

Målnivån om 50 % reduktion är mer utmanande och kräver troligtvis transformativa åtgärder inom materialkedjan, vilka bedöms vara kostnadsökande för projektet. Alternativt kan målnivån uppnås med kostnadsbesparande åtgärder i planeringsskedet, men eftersom dessa beslut är komplexa och måste ta hänsyn till en mängd aspekter är det svårt att i ge generella rekommendationer om åtgärder.

Många av de åtgärder som studerats för detaljprojekterings- och byggskedet är möjliga att implementera redan idag, men det görs inte i någon större utsträckning i anläggningsbranschen på grund av brist på kunskap och erfarenheter, faktiska och upplevda hinder i tekniska regelverk, konservatism, riskaspekter eller andra anledningar. En slutsats från denna utredning och den workshop som hållits är att det krävs samverkan mellan alla aktörer i värdekedjan beställare-konsult-entreprenör-materialleverantör för att identifiera och skapa förutsättningar för att realisera reduktionspotentialer. Ingen av aktörerna kan på egen hand bena ut de komplicerade samband mellan krav från Trafikverket, betongstandarder, konstruktionsförutsättningar, estetiska krav, produktionsförutsättningar, produktval m.m. som måste beaktas. För att förbättra förutsättningarna för att åtgärder för minskade klimatgasutsläpp ska implementeras i höghastighetsjärnvägsprojektet, i syfte att nå mål för reducering av utsläpp, rekommenderas Trafikverket att tillsammans med branschen arbeta med följande:

- Skapa goda exempel och erfarenheter av betongbyggande med hög andel ersättning av cementklinker, för att visa hur byggbarhetsaspekter, härdningstider m.m. kan hanteras. Flera mindre projekt kan vara en bra början. Eventuellt via innovationsupphandlingar eller liknande.
- Fortsatt utveckling och harmonisering av tekniska regelverk som sätter gränser för hur stora reduktioner av klimatgasutsläpp som kan uppnås för vissa åtgärder, som ersättning av cementklinker.
- Stärka mekanismerna för att premiera val av cement- och stålprodukter med låg klimatbelastning i upphandlingskrav och liknande.
- Stimulera användande av fordon med el-/hybridteknik och ersättning av diesel med förnybara alternativ, som HVO, i samverkan med fordonstillverkare och bränsleleverantörer.

- Stimulera användande av ny digital teknik för effektivare maskin- och fordonsstyrning.
- Förbättra möjligheterna till lokalt omhändertagande av massor genom t.ex. markmodellering genom samverkan med Naturvårdsverket kring lagstiftningsfrågor och genom att skapa möjligheter till utökad markåtkomst i järnvägsplaner.
- Säkerställa att klimataspekten finns med i alla beslutsunderlag för linjeval, val av bro- och tunnellingder, val av tekniklösningar m.m. i planeringsskedet.
- Stimulera till konstruktiv optimering av byggnadsverk genom användning av parametriserade modeller, digitalisering och arbetssätt för samverkan och en effektiv, iterativ design- och konstruktionsprocess.
- Skapa förutsättningar för cement- och stålindustrin att genomföra transformativa teknikutvecklingsåtgärder så snabbt som möjligt genom att skapa branschgemensamma finansieringslösningar, få upp frågan på den politiska agendan m.m.

Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg

Bilaga 1 Sammanställning klimatutsläpp från höghastighetsjärnväg

Del	längd [km]	Koldioxidutsläpp, ton CO2-ekvivalenter			Energianvändning, GWh			
		Byggskede totalt	Byggskede, reinvestering samt DoU per år	Byggskede, reinvestering samt DoU under hela kalkylperioden	DoU per år	Byggskede totalt	Byggskede, reinvestering samt DoU per år	Byggskede, reinvestering samt DoU under hela kalkylperioden
Ostlänken	170	1 496 395	16 694	1 001 657	1 787	3 470	42	2 504
Linköping - Borås	202	1 951 962	24 249	1 454 960	2 340	4 567	95	5 680
Göteborg - Borås	64	713 985	8 761	525 651	1 177	1 921	36	2 139
- Bollebygd - Borås, väst mörkgrön	16	143 706	1 851	111 045	213	345	8	471
- Bollebygd - Borås, rosa_1974	15	139 832	1 975	118 476	288	377	10	586
- Mölnlycke - Bollebygd	25	288 923	3 258	195 480	483	825	11	630
- Almedal - Mölnlycke	8	141 524	1 677	100 650	193	374	8	453
Jönköping - Malmö	252	1 630 045	20 606	1 236 347	4 354	3 577	50	2 986
summa	688	5 792 387	70 310	4 218 615	9 658	13 534	222	13 309
Per km								
Ostlänken		8 795	98	5 887		20	0,2	15
Linköping - Borås		9 663	120	7 203		23	0,5	28
Göteborg - Borås		11 095	136	8 169		30	0,6	33
- Bollebygd - Borås, väst mörkgrön		8 871	114	6 855		21	0,5	29
- Bollebygd - Borås, rosa_1974		9 169	130	7 769		25	0,6	38
- Mölnlycke - Bollebygd		11 557	130	7 819		33	0,4	25
- Almedal - Mölnlycke		17 914	212	12 741		47	0,9	57
Jönköping - Malmö		6 468	82	4 906		14	0,2	12
summa		8 413	102	6 127		20	0,3	19

**Underlag till workshop för kostnadsbedömning av åtgärder för minskad klimatbelastning vid byggande av höghastighetsjärnväg
16 maj 2017, WSP Stockholm**

För alla angivna möjliga åtgärder i tabell nedan värderas kostnader utifrån en sammanvägning av produktkostnader/marknadsprisutveckling, teknikutvecklingsbehov, tidsplaneaspekter (ges tid för klimatoptimering? och vad kostar det?), byggarbetsaspekter, produktions-tider, utbildnings- och kompetensaspekter m.m.

1 Minskade kostnader
2 Kostnadsneutralt
3 Ökade kostnader

ÅTGÄRDER	Kommentar	Beräkning av reduktion per åtgärd	Reduktionspotential, per åtgärd	Info reduktionspotential	Reduktionspotential för hela HHJV	Kostnad, antal röster		
						1	2	3
1. Klimatoptimering av byggnadsverk								
Ersättning av cementklinker med tillsatsmaterial	Enligt rapport "Klimatoptimerat byggande av betongbroar"	Klimatbelastningen för typåtgärderna broar, betongtunnlar och betongtråg minskas med angivna potentialer	10%	Motsvarar 20% inblandning av GGBS, flygaska eller motsvarande	3%	0	15	0
			15%	Motsvarar 35% inblandning, enl standard SS137003	5%	0	15	0
			20%	Motsvarar 35% inblandning, med avsteg från standard SS137003	6%			
Kombination av betongåtgärder	Enligt rapport "Klimatoptimerat byggande av betongbroar"	Klimatbelastningen för typåtgärderna broar, betongtunnlar och betongtråg minskas med angivna potentialer	27%	Inkluderar ersättning av cementklinker, produktval cement samt val av betongkvalitet och -typ	9%			
			70%	Best-case scenario som förutsätter att cementbranschen nått sin nollvision till 2030 mha CCS m.m. Reduktionspotentialen innebär att klimatbelastningen från betongen blir noll.	23%			
Produktval armering och konstruktionsstål	Enligt rapport "Klimatoptimerat byggande av betongbroar"	Klimatbelastningen för typåtgärderna broar, betongtunnlar och betongtråg minskas med angivna potentialer	5%	Europeisk armering, 5% armering i byggnadsverk	2%			
			15%	Nordisk armering, 5% armering i byggnadsverk	5%			
			25%	Nordisk armering, 10% armering i byggnadsverk	8%			
			30%	Best-case scenario som förutsätter att stålbranschen nått sin nollvision för 2050 mha CCS m.m. Reduktionspotentialen innebär att klimatbelastningen från armering och konstruktionsstål blir noll.	10%			

	Konstruktiv optimering av mängder	Enligt rapport "Klimatoptimerat byggande av betongbroar"	Klimatbelastningen för typåtgärderna broar, betongtunnlar och betongtråg minskas med angivna potentialer	20%	Digitalisering, parametrering, iterativ design- och konstruktionsprocess	6%			
2. Klimatoptimering av banöverbyggnad (ballast eller ballastfritt eller varianter av det)									
	Ballastspår istället för ballastfritt		Typåtgärden Banöverbyggnad, ballast väljs istället för Banöverbyggnad, ballastfritt i Klimatkalkylmodellen		Beräknat exempel med ballast istället för ballastfritt	13%			
	Ballastspår med klimatoptimerade sliprar	Resultat från rapport "Klimatoptimerat byggande av betongbroar" appliceras på betongsliprar	Sliprarnas andel av klimatbelastningen för Banöverbyggnad, ballast minskas med angivna potentialer	10%-30%	Se info för åtgärder Klimatoptimering av byggnadsverk	14%-15%			
	Ballastfritt med klimatoptimerat slabtrack	Resultat från rapport "Klimatoptimerat byggande av betongbroar" appliceras på slabtrack	"Slabens" andel av klimatbelastningen för Banöverbyggnad, ballastfritt minskas med angivna potentialer	10%-30%	Se info för åtgärder Klimatoptimering av byggnadsverk	1,5%-4%			
100%				För betong och armering, enligt åtgärder Klimatoptimering av byggnadsverk. Dvs klimatneutral banöverbyggnad	16%				
	Produktval rälstål	Antagande om reduktionspotential för rälstålet på 10-20%	Rälstens andel av klimatbelastningen minskas med angivna potentialer	10%-20%		1%-2%			
3. Klimatoptimering av bergtunnlar									
	Klimatoptimering av betonglining	Samma åtgärder som Klimatoptimering av byggnadsverk antas vara möjliga, Konstruktiv optimering av mängder exkluderas	Samma åtgärder som för Klimatoptimering av byggnadsverk appliceras på den andel av klimatbelastning från bergtunnlar som kommer från betong/sprutbetong	10%-27%	Se info för åtgärder Klimatoptimering av byggnadsverk	1%-2%			
				70%	Se info för åtgärder Klimatoptimering av byggnadsverk	4%			

4. Klimatoptimering av grundförstärkning									
	Klimatoptimering av betongpålar/påldäck och K/C-pelare	Samma åtgärder som Klimatoptimering av byggnadsverk antas vara möjliga, Konstruktiv optimering av mängder exkluderas	Samma åtgärder som för Klimatoptimering av byggnadsverk appliceras på Grundförstärkning, förutom Konstruktiv optimering av mängder	10%-27%	För betong, enligt åtgärder Klimatoptimering av byggnadsverk	1%-3%			
				70%	För betong, enligt åtgärder Klimatoptimering av byggnadsverk	8%			
				5%-30%	För armering, enligt åtgärder Klimatoptimering av byggnadsverk	1%-4%			
5. Klimatoptimering av fordons- och arbetsmaskinanvändning									
	Nya fordon och ny teknik: biobränslen, elektrifiering, automatisering	HVO, Volvo "electric sites" m.m. Påverkar såväl lastbilar, arbetsmaskiner och krossverk som drivs med diesel	Emissionsfaktorerna för diesel och lastbilstransport minskas med angivna reduktionspotentialer	20%		4%	0	7	1
				40%		8%	0	7	1
				80%		12%	0	7	1

WORKSHOP FÖR KLIMATKOSTNADER HÖGHASTIGHETSJÄRNVÄG

Stockholm-Solna 2017-05-16

Workshopen arrangerades av WSP med Stefan Uppenberg (SU) som moderator. För deltagarlista, se slutet av denna fil.

Inledning

Bakgrund till workshopen

Stefan berättade om bakgrunden, om uppdraget att ta fram en klimatutredning för hela höghastighetsjärnvägen och om Trafikverkets klimatkrav till 2020/2025 och 2050.

Därefter redovisades hur klimatutsläppen från byggandet av höghastighetsjärnvägen fördelar sig, baserat på de klimatkalkyler som gjorts i nuläget. Ballastfri banöverbyggnad, och utformning av bergtunnlar med betonglining gör att utsläppen från dessa delar är relativt höga jämfört med andra järnvägssträckor.

- BO: Ifall betonglining blir 70-80 cm, blir den delen dubbelt så stor då? SU: Ja i princip
- LZ: Vad är det man jämför med, man kanske inte kan bygga på samma sätt som andra järnvägar, andra funktioner. Tex högre stabilitetskrav för en HHJv. Men funktionsvinster och nyttor måste ju vägas in också.

De åtgärder som tas upp i workshopen är följande:

- Ersättning av cementklinker med tillsatsmaterial
- Val av betongkvalitet och produktval cement
- Produktval stål
- Ny "klimatneutral" teknik för cement och ståltillverkning
- Konstruktiv optimering av byggnadsverk
- Teknikval banöverbyggnad
- Ny fordonsteknik och förnybara drivmedel

Linjeval, val mellan bro/bank etc ingår ej.

- BO: Fast det är ju där man måste göra saker, det är där det gör skillnad.
- TG: Ni tar inte upp tex massoptimering och massbalans, det är svårt på grund av styvhet och regelverk, men det handlar ju inte bara om drivmedel utan även logistik etc.
 - SU: vi fokuserar inte på det här idag, men det är också en fråga att ta med.
 - JS: det finns ju också en del hinder i tolkning av avfallslagstiftning etc så det finns en stor potential att förbättra

WSP Environmental Sverige

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

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

- SU: vi kommer nog ta med det i det vi skriver men inte i workshopen här idag

SU presenterade också hur stor reduktion man kan åstadkomma med olika kombinationer av åtgärder.

Presentation av upplägg

Åtgärderna går igenom en i taget, och deltagarna får rösta om de tror det innebär lägre, oförändrade eller högre kostnader – mer än 5-10%.

Med kostnader avses faktiska kostnader (produktions- och underhållskostnader), ej inräknat miljö- eller samhällsekonomiska kostnader, och vad som är troligt om ca 5-10 år när planen är att börja bygga.

Man bör också försöka tänka in förändrade kostnader kopplade till ökad efterfrågan (ökade/minskade kostnader), tillgång på marknaden, om möjligt.

Bensträckare 5 min

Presentation av nya deltagare (EA, JM, DE)

Presentation av Filip Johnsson – hur klarar vi klimatutmaningen?

Studier om styrmedel för handlande sektorn (cement, järn, stål) visar att det är stor diskrepans mellan priset på en utsläppsrätt och kostnaden för åtgärder för att minska klimatutsläppen, vilket pekar på att de styrmedel som finns inte räcker till för att trigga en förändring. Stora tekniksprång krävs för att komma ner till noll, men det är inte främst tekniken som är problemen utan att det är en stor investeringskostnad kopplad till stora finansiella risker. Sektoröverskridande samarbeten krävs för att nå klimatmålen.

Studierna har visat att prisökningen på slutprodukten blir väldigt liten – om cementpriset ökar med 70% och stål med 25% (CCS + andra åtgärder, 100 EUR/ton CO₂) - så blir priset för slutkonsumenten ändå relativt liten (ett hus, eller en bil ca 0,5% dyrare)

Transformativa förändringar krävs (ex CCS) – kräver stora investeringar, svårt för enskilda producenter att ta den risken. Kanske man kan hitta nya sätt att finansiera (branschöverenskommelser, grön materialfond eller dylikt).

Artiklarna kommer att skickas ut till workshopdeltagarna i efterhand.

Reflektioner från workshopen:

- BO: Det är klart att det kommer synas, det blir mycket mer än 0,5% för ett järnvägsprojekt
- MU: Cementen i ett hus är en väldigt liten del av själva färdiga huset, men pratar vi infrastruktur så är kostnaderna för materialen så väldigt mycket större
- ME: Vi har ju pratat tidigare om att kostnadsförhållandet och klimatförhållandet stämmer överens

- UW: Är våra infrastrukturprojekt billiga eller dyra i ett internationellt perspektiv?
 - o BL: typ samma, exempel höghastighetsjärnväg i Lyon där det är typ samma km-priser
 - o BO: vi har ju högre krav, därför vi är lite dyrare.
- FJ: Vi ska ju kolla mer på det i Mistra-projektet men visst, inte orimligt att det blir dyrare än i det här exemplet. Men kanske man kommer kunna räkna in det på något sätt att slutanvändaren bekostas.
- MU: Det är en politisk sak också eftersom det bygger på urbanisering, och landsbygden får betala för infrastruktur som ffa folk i storstäder får del av
- FJ: Vad gäller den tunga trafiken, här krävs ju elvägar mer än laddstationer, och potentialen att flytta gods till järnväg är inte så stor om man inte bygger ut järnvägen väldigt mycket mer.

Kommentarer från stålindustrin?

- JSt: Produktivetsfrågan är A och O. Arbetskostnader är mer än hälften av den totala kostnaden för specifika moment, så ökningarna i materialkostnader blir inte så stora i helheten, arbetskostnaderna och produktivetskostnaderna måste minska och kommer svälja ökade materialpriser.
- MU: Till exempel att lägga in armering i formen kostar lika mycket som att köpa armering. Tiden är den osäkra faktorn.
- FJ: Om Sverige rör sig åt det här hållet så kommer ju också innovationer och nya sätt som gör det mer kostnadseffektivt, så är det inom de flesta branscher.

FJ avviker

Lars Zetterberg – om Mistra Carbon Exit

Projektet Mistra Carbon Exit startar upp nu och pågår förhoppningsvis i 8 år, med mål att reda ut hur Sverige kan bli klimatneutralt till 2045. Fokus i projektet ligger på värdekedjor snarare än sektorer, inom Transportinfrastruktur, Fordon och Bostäder.

Tekniska möjligheter, styrmedel & affärsmodeller samt beteendefrågor kommer att inkluderas. Projektet kommer titta på 5 fallstudier. Just nu är 20 partners involverade men det är fritt för fler att ansluta sig om man är intresserad.

PS, LZ avviker

Workshop

1. Ersättning av cementklinker med tillsatsmaterial

- BO: Om man byter till annan betong, kommer annat påverkas såsom brinntider etc?
 - o AL: Nja, betongen blir lite annorlunda, det gäller att entreprenörerna tar hänsyn till detta
 - o BO: Men så enkelt är det ju inte, vi vill ju kunna riva formen så vi kan gjuta en gång per dag
 - o BW: Svårt att ge ett generellt svar

- SC: Med en accelerator så blir det samma brinntider ändå
 - DE: Det kan ju också vara så att vi ändrar vårt sätt att arbeta för att anpassa oss till nya material
 - TG: Vi kanske inte ska begränsa oss till hur vi brukar göra arbetet?
 - BO: Men vi måste ju mäta kostnader mot när vi producerar
 - TG: Men man kanske kan flytta team, lösa det genom produktionsplanering?
 - DE: Entreprenörerna kommer nog också hitta nya arbetsätt med nya material
 - BJ: Vi håller på och testat, det här klarar man inom prefabindustrin och det går absolut att lösa
- Röstning: 15 röstar för att förändringen skulle vara mer eller mindre kostnadsneutral, ingen för lägre eller högre kostnader, oavsett inblandning av 20% eller 35%.
- ME: Det är väldigt projektspecifikt hur beroende du är av tiden, om du har ex en miljödöm som säger att man bara får bygga under vissa årstider.
 - BJ: Sen vet vi ju inte hur tillgången på aska och slagg kommer vara i framtiden
 - BW: Det beror ju lite på transporter också, varifrån man behöver köpa slagg
 - BJ: I Långviksmon är det dyrare med slagg än cementklinker tex. I mellersta Sverige är det lite billigare, i norra Sverige lite dyrare. Men det är marginellt.
 - SC: Med tanke på att betong innehåller 15-20% bindemedel, och med 35% inblandning, är det svårt att se att det skulle synas på kostnaderna för hela HHJ.
 - AL: Svårt att säga hur mycket, men man kan nog säga att det kommer bli kostnadsneutralt. Men man kommer nog att kunna komma upp i mer än 35% egentligen, det är ingen övre gräns egentligen.
 - SU: men då krävs det ändringar i regelverk
 - MU: Kylning av betong, hur påverkas det? Det borde bli minskat behov av kylning, som står för stora kostnader, med mer inblandning. Det kan vara 200 kr/kbm, mot betongens kostnad 1400 kr/kbm

2. Val av betongkvalitet och produktval cement

- SU: detta borde väl inte driva kostnaderna märkvärt, om man har högre eller lägre vct-tal.
- JM: det är ju bara ett referensbegrepp det här med 28 dygn. Eventuellt kan man behöva ha längre byggtider
- SU: Vad kan det kosta då om man behöver förlänga tiden?
 - BO: På ett anläggningsjobb hör tid och pengar ihop
 - AL: Miniminivån styrs framförallt inte av hållfasthet utan av vct:t.
 - BO: Det är viktigt att klara tiderna, vi har höga krav på oss i HHJV
 - MU: Allt är tidsrelaterat, kanske ungefär hälften av kostnaderna är tidsrelaterade.
 - JSt: Men kanske man kan hitta nya sätt att jobba.

- AL: Ändrade krav på vct kan leda till flera betongrecept, fördyringar får ställas i relation till det man vill åstadkomma
- Ingen röstning genomfördes, men det konstaterades att förändrade tider har stor inverkan på projektets kostnader

3. Ny fordonsteknik och förnybara drivmedel

SU: Vad säger Volvo, med tanke på era electric sites?

- RK: Många kunder vil köra på HVO idag, alla fordon kan egentligen köras på HVO till 100% idag. Det påverkar priset – det är några ören dyrare per liter, och går åt ca 5% mer i förbrukning. Efterfrågan ökar.
- TR: Elektrifiering av arbetsmaskiner. Vi kan prata om driftkostnader för maskiner. Elektrifiering ligger en bit framåt i tiden, minigrävmaskin som är helelektrisk, men det ligger kanske 10 år framåt i tiden.
- SU: Och de nya Euro-klasserna använder faktiskt lite mer bränsle eftersom det går åt lite mer för partikelrening etc

SU: Hur hög ska fördyringen vara för att det ska synas i ett projekt?

- MU: På 900 kr så är 300 för föraren, 300 för bränslet, en ökning med 30 kr är ju inte så mycket
- TR: men maskinerna kommer att bli dyrare
- MU: Men jag tror inte det kommer att synas i helheten
- TR: Det blir lägre TCO till följd av tex att vi tar bort föraren.
- MU: För oss spelar det ju inte någon roll om entreprenören själv äger maskinen eller om man betalar för att få tillgång till den

SU: 100% HVO är ju möjligt redan nu, men hur långt fram i tiden ligger electric sites?

- TR: Electric sites, gruvor etc, det händer redan idag – elektrifiering, men automatiserade fordon på inhägnat område, det är nog mer än 10 år framåt i tiden.

➤ Röstning: 7 deltagare röstar för kostnadsneutralt, en för ökade kostnader

- TR: Digitaliseringen kommer att ge stora effektiviseringar, i och med att man kan öka maskinutnyttjandegraden.

4. Produktval armering och konstruktionsstål

- JSt: Det finns nog inga kostnadshot med att ställa kraven på 10 års sikt. Det finns framtida hot om att skrotpriserna kommer att gå upp. Fler kommer kunna gå efter och ta fram stål med lägre CO2-utsläpp.

SU: Något annat som är kostnadsdrivande?

- MU: Tiden för att lägga armeringen är kostnadsdrivande, det måste gå att hitta en break-even för vad som är det mest optimala. Kostnaden för armering är ca 6000 kr/ton, att armera kostar 6000kr/ton – det spelar därför stor roll hur mycket armering.
- TG: Projektören ska inte detaljstyra, om det är totalentreprenad så blir det upp till entreprenören att lösa
- DE: Helhetssyn och optimering är viktigt.
- BJ: Hur är inställningen till prefabbroar?
 - o SU: Det finns ju med i brorapporten – tex att man kan minska trafikstörningar (särskilt i miljöer med hög trafikbelastning)
 - o DE: Jag tror att vi återkommer till att prefab är väldigt effektivt, det krävs ett förändrat synsätt
 - o BL: Men med prefab krävs fler tunga rapporter?
 - o SU: Vi kollade på det i brorapporten, men det gav ingen större effekt.

SU: Vad säger rälsbranschen?

- BD: Räls är masugnsbaserat, det är en annan produktionsmetod, men man kollar på metoder att använda vätgas, finns en testanläggning. Det är långt ifrån kostnadsneutralt, men kan inte säga så mycket mer än så

5. Produktval armering och konstruktionsstål

MU: Vad krävs för att bygga en ballastbaserad järnväg?

- Det är ffa ballasten som är begränsande
- BJ: Vi har erfarenheter av att bygga höghastighetsjärnväg med ballast, och det går
- BO: Det diskuteras fortfarande, men beslut har nu tagits om ballastfritt. Det är framförallt en fråga om underhållet
- MM: Nu tillåter vi ju att det sätter sig, det kanske vi inte kan tillåta under en HHJV
- BO: Med tanke på mindre underhåll så får man tillbaka pengarna efter ca 20 år
- SU: så totalkostnaderna kanske betalar igen sig, men kanske inte klimatutsläppen (eftersom inte underhållet är lika utsläppsdrivande)

Avslutning

SU: Sammanfattningsvis, det mesta vi pratat om är relativt kostnadsneutralt. Det som kan påverka kostnaderna är armeringstider och produktionstider. Planering är en nyckelfaktor, att få med det som ska vara med i rätt skede i processen. Vad gäller bränslen som till exempel HVO, där är vi snart i hamn.

BW: I Norge säger de att 2022 kommer de ha möjlighet att ta emot koldioxid för lagring i Nordsjön (CCS), så där kommer det också finnas möjligheter.

Deltagare

Projektgrupp WSP:

- Stefan Uppenberg (SU)
- Elisabeth Hochshorner (EH)
- Sara Nilsson (SN)

Deltagare:

- Michael Ugglå (MU) WSP
- Johan Windahl (JW) TrV
- Tabita Gröndal (TG) Sweco
- Ulf Wiklund (UW) Tyrens
- Johan Söderqvist (JSt) Celsa Steel
- Mattias Morin (MM) WSP
- Ronald Kröger (RK) Swecon
- Björn Drakenberg (BD) Voestalpine
- Lars Zetterberg (LZ) IVL
- Bertil Ohlsson (BO) TrV
- Bo Löfgren (BL) WSP
- Staffan Carlström (SC) Swerock
- Bodil Wilhelmsson (BW) Cementa
- Markus Evans (ME) PEAB
- Tim Richardson (TR) Volvo
- Jörgen Söderlund (JSd) ÅF
- Bengt Johansson (BJ) Strängbetong Rail
- Daniel Ekström (DE) WSP

Deltagare på skype:

- Anders Lindvall (AL) Thomas concrete group
- Filip Johnson (FJ) Chalmers
- Peter Simonsson (PS) TrV
- Jeanette Svensson (JS) TrV
- Emanuil Tsoutas (ET) Sweco
- Emelie Askmar (EA) PEAB
- Jonas Magnusson (JM) NCC