RAMBOLL

Slutrapport

COINCO

2012-06-29
MALMÖ

THE SCANDINAVIAN
8 MILLION CITY

Corridor of
Innovation and
Cooperation
#COINCO

THE EUROPEAN UNION
The European Regional Development Fund

Interreg IVA
ÖRESUND – KATTEGAT – SKAGERRAK

COINCO

Datum	2012-06-29
Uppdragsnummer	617112517
Utgåva/Status	Slutrapport

Uppdragsledare:
Per Corshammar
Handläggare:
Patrik Sterky, Karin Wahlberg, Göran Sewring

Ramböll Sverige AB
Skeppsgatan 5
211 11 Malmö

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 617112517 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1. SAMMANFATTNING 1
2. INTRODUKTION 3
3. BAKGRUND 5
4. DEFINITIONER AV JÄRNVÄGSSYSTEM 7
4.1 Introduktion 7
4.2 Befintliga konventionella banor 9
4.3 Höghastighetsbana 11
4.4 Kombination av konventionell bana och höghastighetsbana 12
4.5 Trafikstart 2020 12
5. TRAFIKERINGSKONCEPT OCH UPPEHÅLL 13
5.1 Introduktion 13
5.2 Trafikeringskoncept 14
5.3 Restider Oslo – Köpenhamn 14
5.4 Etapper och restider för delsträckor 15
5.5 Restider längs Götalandsbanan till Stockholm 17
5.6 Regional höghastighetstrafik i Östfold 18
5.7 Regionaltågstrafiken längs höghastighetsbanan 20
5.8 Möjlighet Helsingborg – Helsingör 20
5.9 Uppnådda restider i COINCO 20
6. TRAFIKERINGSKONCEPT 23
6.1 Konventionellt nät 23
Oslo – Göteborg 23
Göteborg – Halmstad 24
Halmstad – Helsingborg/Hässleholm 24
Helsingborg/Hässleholm – Lund 25
Lund – Malmö/Svågertorp – Kastrup 25
Kastrup – Köpenhamn 26
Helsingborg – Helsingör 26
Helsingör – Köpenhamn 26
6.2 Järnväg Köpenhamn – Hamburg 26
6.3 Kapacitet och flaskhalsar 26
6.4 Fordon 28
Höghastighetståg 30
Storregionala tåg 34

	Höghastighetsgodståg	37
	Inspektion och underhåll	37
7.	KORRIDORER OCH LINJEFÖRING	39
7.1	Delsträcka A Oslo – Göteborg	39
	Oslo S – Sarpsborg – Halden	40
	Halden – Uddevalla – Göteborg	40
	Halden – Öxnered – Göteborg	40
7.2	Delsträcka B och C Göteborg - Lund	40
	Göteborg – Halmstad	40
	Halmstad – Lund	41
	Halmstad – Helsingborg – Lund	41
	Halmstad – Lund	42
	Halmstad – Tyringe - Lund	42
7.3	Delsträcka D och E Lund – Köpenhamn	42
8.	STATIONER	43
8.1	Allmänt	43
8.2	Depåer för höghastighetståg	44
8.3	Höghastighetsstationer	44
	Oslo S	45
	Sarpsborg	45
	Halden	46
	Uddevalla	47
	Öxnered	47
	Göteborg	48
	Halmstad	50
	Helsingborg	50
	Tyringe	51
	Lund	51
	Malmö	52
	Kastrup	53
	Köpenhamn H	53
8.4	Stationsdesign	54
8.5	Anslutande konventionella banor	55
	Ski	55
	Sarpsborg	55
	Öxnered	55

Göteborg 55
Halmstad 55
Tyringe 55
Lund 55
9. JÄRNVÄGSTEKNIK 56
9.1 Inledning 56
9.2 TSD - Tekniska specifikationer för driftsinteroperabilitet 57
9.3 Banteknik 63
9.4 Banunderbyggnad 64
Spårgeometri 65
TSD Infrastruktur höghastighet 66
9.5 Elteknik 68
9.6 Signalteknik 69
9.7 Tunnlar 71
9.8 Broar 76
9.9 Driftsäkerhet 79
10. BYGGNATIONSTEKNIK 81
10.1 Traditionell byggnadsmetod 81
10.2 Modern byggnadsmetod 82
10.3 Vinterklimat 85
11. STATISTIK 89
11.1 Punktlighet 89
11.2 Kostnadsberäkning 90
11.3 Kostnadsjämförelser trafikslag 91
12. REFERENSER 94

Bilagor

1. SAMMANFATTNING

”The Scandinavian 8 million city, COINCO”, är ett interreg-projekt där regioner och kommuner mellan Oslo och Köpenhamn deltar och vars syfte är att knyta samman städerna Oslo, Göteborg, Malmö och Köpenhamn tidsmässigt med höghastighetståg. COINCO står för Corridor of Innovation and Cooperation. En restid på 2,5 timmar mellan Oslo och Köpenhamn anses öka regionens globala konkurrenskraft för innovationer och ekonomisk utveckling för 8 miljoner skandinaviska medborgare. Det kommer även att vara möjligt att nå Stockholm via Göteborg på drygt 3 timmar från Oslo och Malmö.

Med den senaste byggtekniken med broförlagd höghastighetsbana är det möjligt att radikalt förkorta byggtiden till 4 år och därmed blir projektet en mycket lönsam infrastrukturinvestering för länderna och det ger stora socio-ekonomiska vinster för samhället. Med byggstart 2016 kan höghastighetsbanan stå klar 2020. Restidskravet Oslo – Köpenhamn på 2,5 timmar förutsätter att:

- Hastigheten är 360 km/h på större delen av sträckan.
- Trafikering på Västlänken utesluts och stationsläget i Göteborg blir Gamlestaden, Liseberg, Mölndal eller motsvarande.
- En ny sträckning runt Lund och Malmö för tåg som enbart stannar i Oslo, Göteborg och Köpenhamn.
- En ny snabbare förbindelse från landfästet på Öresundsbrons danska sida och Köpenhamn H för att slippa anpassa gångtiden till den täta regionaltrafiken.
- Alternativt kan en fast förbindelse mellan Helsingborg och Helsingör med en ny bana ner till Köpenhamn krävas för att nå restidsmålet.

Det är cirka 2 minuter kortare restid mellan Oslo och Göteborg med att dra höghastighetsbanan över Uddevalla än via Öxnered och cirka 1 minut kortare restid att dra höghastighetsbanan via Helsingborg än via Tyringe. En höjning av hastigheten till 360 km/h sparar cirka 11 minuter på hela sträckan jämfört med 320 km/h.

Mellan Göteborg - Köpenhamn är resmålet svårare att uppnå jämfört med Oslo – Göteborg på grund av ett följande:

- Restiden påverkas främst av den lägre hastighetsstandard som Öresundsbron och sträckan på dansk sida till Köpenhamn medför i kombination med att banan är så tätt trafikerad av regionaltåg att gångtiderna blir för långa för att nå restidsmålen utan större åtgärder.
- Eventuell passage genom Västlänken och centralt stationsläge i Göteborg medför cirka 4 minuters gångtidsökning jämfört med Gårdatunneln.
- Stopp i Lund och Malmö medför vardera 6 minuters ökad gångtid om de får nya stationslägen längs en ny yttre linje byggd för full hastighet. Om

befintliga stationslägen och Citytunneln nyttjas blir gångtiden ytterligare längre pga. lite lägre hastighet kring stationerna och i Citytunneln.

Om höghastighetsbana byggs Oslo – Göteborg, Göteborg – Tyringe – Lund med befintliga centrala stationslägen och stopp vid Göteborg, Lund, Malmö och Kastrup och topphastighet 360 km/h blir restiden Oslo – Malmö 2 timmar 16 minuter, Oslo – Kastrup 2 timmar 34 minuter och Oslo – Köpenhamn H 2 timmar 48 minuter. Med 320 km/h tar resan 11 min längre tid.

Det billigaste utbyggnadsalternativet innebär totalt 500 km ny bana Oslo – Göteborg – Tyringe. Delsträckan Lund - Tyringe antas ha byggts som avlastning för Södra stambanan och som framtida del för Europabanan Stockholm – Köpenhamn. Kostnaden för denna utbyggnad beräknas till knappt 100 miljarder SEK.

Etapputbyggnad av höghastighetsbanan bedöms vara oekonomiskt och ökar riskerna i projektet med färdigställandet av höghastighetsbanan och äventyrar även lönsamheten i infrastrukturinvesteringen och därmed intresset för en PPP lösning. Eventuella etapper bör vara mycket långa, t ex Oslo – Öxnered.

Det är fullt möjligt med ett planeringsskede på 3 år i samverkan med kommunerna utmed höghastighetsbanan och att sedan bygga höghastighetsbanan mellan Oslo och Köpenhamn på 4 år i samarbete med globala järnvägsföretag med erfarenhet från höghastighetsjärnväg.

Utredningen visar också att byggnation med brokonstruktioner och ballastfritt spår är överlägset ett traditionellt järnvägsspår med avseende på prestanda, byggkostnad, miljö och driftssäkerhet. Banan bör byggas med teknik från Japan gällande vinteranpassningar och hög driftsäkerhet som bl a medför att banan kan hantera snömängder på upp till 1,5 meter utan att det medför hastighetsnedsättningar.

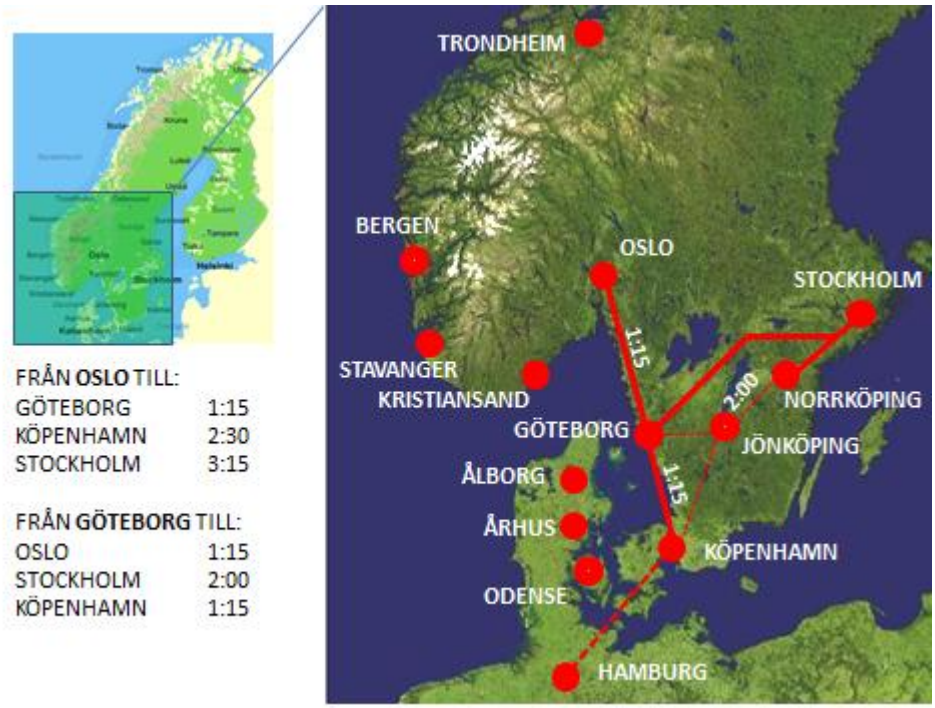
En fast förbindelse mellan Helsingborg och Helsingör för väg och järnväg kan eventuellt genomföras med privata finansiärer då den kan vara lönsam att genomföra. Det förutsätter ett att båda länderna vill ha en privat finansiär till projektet.

Arbetet organiseras av The Scandinavian 8 Million City, COINCO, inom ramen för Interreg IV A. Oslo kommun och Business Region Göteborg leder projektet. Göteborgs Stad, Helsingborg, Malmö stad, Københavns kommun , Region Skåne, Statens vegvesen, Västra Götalandsregionen, Trafikverket, Akershus fylkeskommune, Østfold fylkeskommune, Region Halland og Region Hovedstaden är alla partners i projektet.

2. INTRODUKTION

”The Scandinavian 8 million city” är en sammanslutning av regioner och kommuner mellan Oslo och Köpenhamn vars syfte är att knyta samman städerna närmare varandra tidsmässigt för att öka dess globala konkurrenskraft för innovationer och ekonomisk utveckling.

En höghastighetsjärnväg mellan Oslo – Göteborg – Köpenhamn utgör ryggraden i utvecklingen av regionen och skapar en gemensam arbetsmarknad och utvecklingsområde för 8 miljoner skandinaviska medborgare. Med en restid mellan Oslo och Köpenhamn på 2,5 timmar där Göteborg nås på halva tiden och Stockholm via Göteborg på 3 timmar både från Köpenhamn och Oslo förverkligas en enorm utvecklingspotential för södra Norge, Sverige och Danmark.



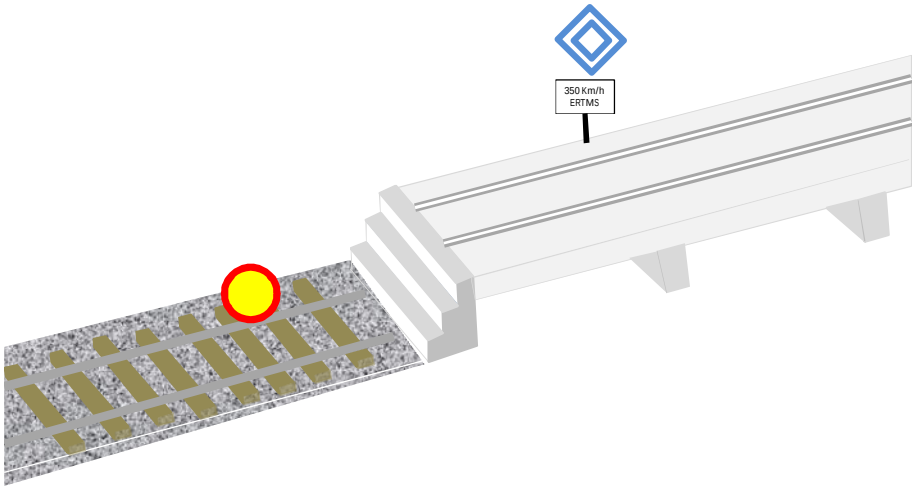
Figur 1. Höghastighetskorridorer Oslo – Köpenhamn/Stockholm.

I det norska perspektivet står behovet av snabbare transporter till Europa som ett väsentligt krav för landets utveckling. Sverige är en del i denna transportväg såsom Danmark också är och som dessutom i samarbete med Tyskland åtagit sig ansvaret att färdigställa en järnvägsförbindelse via Fehmarn Bält till Hamburg år 2021.

I Norge har Jernbaneverket utrett behovet av höghastighetsbanor mellan Oslo – Stavanger/Bergen/Trondheim/Stockholm/Göteborg där sträckan Oslo – Göteborg ingår i COINCO. Beslut om vilka höghastighetsjärnvägar som skall byggas väntas till våren 2013. I Sverige har staten genomfört en offentlig höghastighetsutredning 2009 där man föreslår en höghastighetsbana mellan Stockholm – Göteborg/Malmö. Arbetet kompletterades i samband med Trafikverkets nationella Kapacitetsutredning som del av långtidsprognoserna 2025-2050. Rekommendationen från utredningen var att påbörja en utbyggnad av Ostlänken (Linköping – Stockholm) och sträckan Göteborg – Borås.

I Danmark är byggnationen av en höghastighetsbana för 250 km/h mellan Köpenhamn och Rödby med tunnelförbindelse till Puttgarden och vidare till Hamburg påbörjad och beräknas vara klar 2021.

Denna rapport är ett första steg mot att konkretisera planerna på en höghastighetsjärnväg mellan Oslo och Köpenhamn och skall utgöra ett underlag för att i samverkan med regioner och kommuner som berörs av höghastighetsbanan finna den mest lämpliga korridoren för byggnation av höghastighetsbanan. Detta sker med den senaste tekniknivån och prestandan vilket innebär att banan byggs till största delen på bro och att banan i huvudsak finansieras av privata medel och EU-bidrag. Lönsamheten uppnås av mycket effektiva byggnationsmetoder av höghastighetsbanan, metoder som tillämpas främst i Asien.



Figur 2. Konventionell järnväg har upphört. Med höghastighetsjärnväg byggs banan snabbare och med högre prestanda till samma byggkostnad som konventionell järnväg.

I rapporten beskrivs hur trafikeringen på höghastighetsbanan kan genomföras med avseende på linjeföringen, restider, stationslokalisering, samverkan med det konventionella nätet, samt övergripande om järnvägstekniska konstruktioner såsom spår, tunnel och broar.

Slutsatserna i rapporten har utvecklats av Ramböll i samråd med COINCO och behöver inte nödvändigtvis korrespondera med Trafikverket, Jernbanverket eller Banedanmarks åsikter i nuläget. Projektgruppen består av expertis från Ramböll Norge, Sverige och Danmark.

Vision 2020 för COINCO är att en dubbelspårig höghastighetsbana för persontrafik har öppnats mellan Oslo – Göteborg – Köpenhamn och att detta frigjort kapacitet på det konventionella järnvägsnätet för en ökad mängd godstransporter och därmed avlastning av lastbilstrafik på vägsystemet. Hastigheten på banan planeras för 360 km/h eller 100 meter per sekund.

3. BAKGRUND

Många länder har byggt eller planerar att bygga höghastighetsjärnvägar och marknadsandelen för snabba persontransporter ökar på bekostnad av minskat flygresande på medellånga distanser upp till 700 km. Om restiden mellan större marknader minskar till 2,5 timmar är tåget förstahandsvalet för resenärer, vid 3,0 timmar är det lika mellan flyg och höghastighetståg för att vid 4,0 timmar bli till flygets fördel. Därför är det av väsentlig betydelse att restiden blir under 3 timmar mellan Oslo och Köpenhamn för att göra tågresan konkurrenskraftig mot flyget, bilen och i vissa fall även båten.

EU önskade att Sverige vid inträdet i unionen skulle satsa på höghastighetsjärnväg med färdigställande 2010 och att Fehmarn Bält-förbindelsen skulle öppnas 2020. COINCO projektet är därför ännu mer väsentligt att genomföra eftersom det berör tre länders ekonomiska utveckling och skapar en speciellt god förutsättning för konkurrenskraften i Skandinavien.

Vid framtagandet av denna rapport har ett antal andra rapporter påverkat förslaget av höghastighetsbanan med avseende på de önskemål som framförs i följande rapporter:

- Den svenska höghastighetsutredningen (SOU 2009:74)
- Trafikverkets nationella Kapacitetsutredning
- Höghastighetståg genom Skåne, Region Skåne
- Förstudien av beräkningen av marknadsunderlaget Oslo – Göteborg – Stockholm
- Den norska höghastighetsutredningen fas 2 och fas 3
- Kartunderlag Oslo – Köpenhamn

Denna rapport kan med fördel användas som underlag för djupare studier med avseende på marknadsanalyser, planering av järnvägar såsom järnvägsplaner, finansiella och socio-ekonomiska effekter, teknik-, miljö- och säkerhetsanalyser samt kommersiella framgångar med trafikering av höghastighetsjärnvägen mellan Oslo – Köpenhamn.

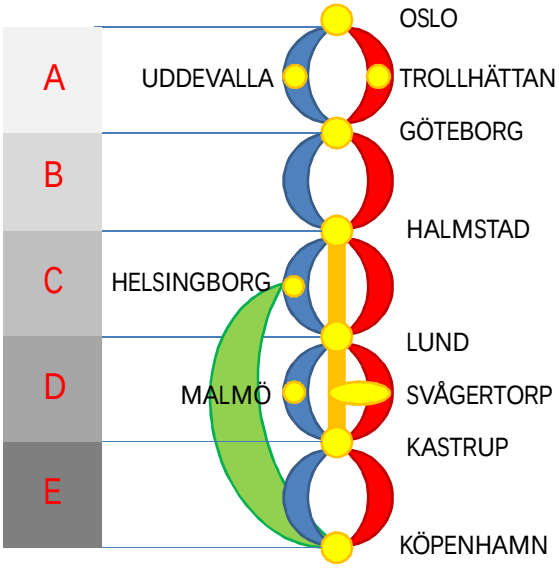
Syftet med denna studie är att vara tillräckligt realistisk så att ett meningsfullt planeringsarbete kan genomföras tillsammans med kommunerna för att få marktillgång för höghastighetsbanan så att den kan byggas kostnadseffektivt av privata företag på en global byggmarknad.

Slutresultatet för hela projektet är en obruten linjeföring som accepterats av samtliga kommuner där byggnation av banan kan påbörjas 2016 och vara färdigställd 2020.

4. DEFINITIONER AV JÄRNVÄGSSYSTEM

4.1 Introduktion

Projektet har analyserat realistiska höghastighetskorridorer mellan Oslo – Köpenhamn med möjliga variationer eller kombination av variationer enligt bilden nedan.



Figur 3. Höghastighetskorridorer Oslo – Köpenhamn.

A. Oslo – Göteborg; från Oslo S följer banan den planerade järnvägen genom Follotunneln till Ski och vidare ner mot Sarpsborg och Halden enligt 330 km/h förslaget i den norska höghastighetsutredningen. Två varianter kan väljas A1 och A2.
   A1 är att från Halden följa dalgången rakt söder ut mot Uddevalla passera Kungälv för att ansluta mot Nordlänken vid Bohus och sedan vidare in till Göteborg.
   A2: från Halden fortsätter banan enligt Norges höghastighetsförslag till Öxnered (Trollhättan) och vidare till Göteborg. Höghastighetsbanan ansluter till Nordlänken vid Nödinge.
B. Göteborg – Halmstad består av en helt ny dubbelspårig höghastighetsbana utmed motorvägen E6. Banan viker av från Västkustbanan i Almedal eller Mölndal söder om Göteborg. Tre olika alternativ finns för att trafikera höghastighetstågen genom Göteborg vilka

är Godsspåret genom Olskroken, genom Västlänken eller med ny linje parallellt med Lisebergstunneln.

C. Halmstad – Lund kan väljas i tre olika korridorer;
C1: från Halmstad kan en höghastighetsbana byggas över Hallandsåsen till Helsingborg och därefter en ny höghastighetsbana utmed den befintliga Västkustbanan till Lund.
C2 kan vara en ny höghastighetsbana från Halmstad med direkt linjeföring mot Lund som även i framtiden kan användas som delsträcka för ett framtida höghastighetsnät via Europakorridoren till Stockholm.
C3 går från Halmstad ner mot Tyringe eller Perstorp och ansluter där till det huvudalternativ som Trafikverkets höghastighetsutredningar pekar på är den bästa sträckningen för tåg mellan Öresundsregionen och Stockholm.

D. Lund – Malmö/Svågertorp – Kastrup kan väljas med tre alternativ. Oavsett alternativ kommer även framtida höghastighetståg mot Stockholm köra på banan vilket innebär minst 4 höghastighetståg per timme och riktning i rusningstrafik.
D1 är att köra på kommande 4-spår mellan Lund – Malmö genom Citytunneln över Öresundsbron till Kastrup.
D2 är en kombination av kommande 4-spår mellan Malmö – Lund och därefter direkt på Kontinentalbanan från Malmö godsbangård till Lockarp med uppehåll i Svågertorp (Malmö Syd) för att sedan köra över Öresundsbron till Kastrup.
D3 är en ny höghastighetsbana direkt från Lund till Lockarp med uppehåll i Malmö Syd (Svågertorp) för att sedan köra över Öresundsbron till Kastrup.

E. Kastrup – Köpenhamn är befintlig bana utbyggd till 4-spår med möjlig direktanslutning mot Fehmarn Bält-förbindelsen och Tyskland.

Sträckan C – E via Danmark mellan Helsingborg och Köpenhamn med HH-förbindelsen behandlas endast övergripande i rapporten.

Tänkbara variationer av linjeföringen kan vara från Uddevalla mot Trollhättan och vidare ner till Göteborg, en kombination av A1 och A2. Alternativt kan en direktare dragning av linjen från Sarpsborg mot Uddevalla genom Strömstads kommun och Svinösund göras.

Beroende på kapacitetsproblem genom Göteborg kan en ny kombinerad väg och järnvägstunnel utmed Lisebergstunneln genom Göteborg bli aktuell i framtiden. Trafikering på Västlänken kommer sannolikt också att leda till kapacitetsproblem med höghastighetståg och därför är det troligt med stationslägen såsom Gamlestaden, Liseberg, Mölndal etc.

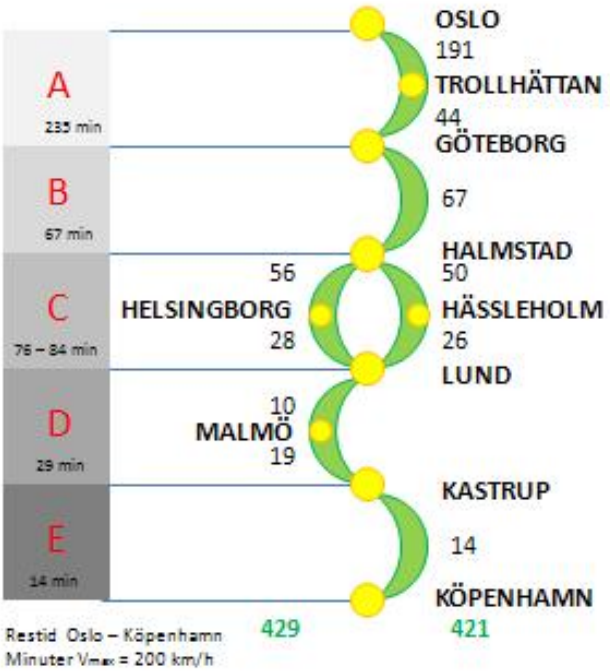
Mellan Göteborg och Halmstad är linjeföringen mer given utmed E6 motorväg som är byggd med stora kurvradier. Söder om Halmstad kan trafikering genom Hallandsåstunneln på det konventionella nätet väljas eller en ny linjeföring utmed E6 över Hallandsåsen ner till Helsingborg eller direkt mot Lund väljas. Ett östligare alternativ är mot Knäred via Tyringe och ner till Lund.

En fast förbindelse under Öresund mellan Helsingborg och Helsingör kan medföra en ny tunnelstation i Helsingborg. Linjeföringen ner till Köpenhamn är däremot svår att förutse i framtiden. Ett scenario kan vara att godstrafik skall gå via Helsingborg och på så vis avlasta Öresundsbron utöver regional tågtrafik och att alla höghastighetståg angör Kastrup.

I Lund kan det bli aktuellt med en ny underjordisk station. Alternativt kan stationer i externt läge vara aktuellt i Göteborg, Halmstad, Lund och Malmö. Det kan också bli möjligt med både gods och höghastighetstrafik på en nyanlagd bana på sträckan Lund – Lockarp med en framtida anslutning mot Trelleborg och tunnel under Östersjön eller en höghastighetsfärja för persontransporter till Sassnitz och vidare till Berlin. I Danmark finns även önskemål om en fast förbindelse till Bornholm öster om Ystad.

4.2 Befintliga konventionella banor

Utmed Oslofjorden, Skagerak, Kattegatt och Öresund finns ett befintligt järnvägsnät mellan Oslo och Köpenhamn. Restiden på den konventionella järnvägen är inte konkurrenskraftig mellan storstäderna Oslo, Göteborg, Malmö och Köpenhamn idag.



Figur 4. Konventionella banan Oslo – Köpenhamn.

Oslo – Göteborg har idag en restid på cirka 4 timmar och passerar flera viktiga orter såsom Ski, Moss, Rygge, Fredrikstad, Sarpsborg och Halden i Norge. Dessa städer utgör ett starkt marknadscenter som på den svenska sidan får ett abrupt

slut med skogsmark där Ed är en mindre ort. Öxnered är en anslutningspunkt på det konventionella järnvägsnätet för Vänersborgsbanan mot Uddevalla och Vänersborg och med Norge/Vänernbanan till Karlstad och Trollhättan. Sträckan Trollhättan – Göteborg är under upprustning och ombyggnad och öppnar den 9 december 2012. Hastigheten är förhållandevis låg och kan bara garanteras för 160 km/h för A-tåg på grund av projektering med för korta elementlängder på sträckan ner till Älvängen. Utmed Nordlänken mellan Trollhättan och Göteborg öppnas flera nya pendeltåg stationer Nödinge, Lödöse, Älvängen, Nol, Bohus, Surte, Agnesberg och Gamlestaden.

Strömstad – Göteborg är idag en regional järnväg som upprustas på grund av eftersatt underhåll. Restiden är ungefär 3 timmar och passerar Uddevalla och Kungälv som heter Ytterby station. Mellanstationerna norr om Uddevalla är Skee, Överby, Tanum, Rabbalshede, Hällevadsholm, Dingle, Munkedal och söder om Uddevalla är det Uddevalla östra, Ljungskile, Svenshögen, Stenungsund, Stora Höga, Kode, Ytterby (Kungälv). Vänersborgsbanan förbinder Uddevalla med Öxnered – Vänersborg och Trollhättan.

Till Göteborg ansluter flera stomjärnvägar från Karlstad (via Öxnered), Stockholm, Kalmar/Karlskrona och Malmö.

Göteborg – Halmstad är en del av Västkustbanan och har under 26 år varit föremål för dubbelspårsutbyggnad men är ännu inte färdigställd genom Varberg. Tunneln under Varberg bedöms vara färdigställd till 2025. Restiden mellan Göteborg och Halmstad är drygt 1 timme med regionaltåg och passerar stationerna Liseberg, Mölndal, Kållered, Lindome, Anneberg, Kungsbacka Hede, Kungsbacka, Varberg, och Falkenberg.

Halmstad – Helsingborg/Hässleholm – Lund består av Västkustbanan via Helsingborg och Markaryds banan och Södra stambanan via Hässleholm. Restiden är i dagsläget likvärdig för de båda sträckorna på ungefär 1 timme och 20 minuter. För sträckningen via Helsingborg beräknas dubbelspårstunneln genom Hallandsåsen färdigställas till 2016 och dubbelspåret mellan Ängelholm och Maria station (strax norr om Helsingborg C) slutföras till 2025. Stationerna utmed Västkustbanan till Lund är Laholm, Båstad, Ängelholm, Kattarp, Ödåkra, Maria, Helsingborg, Ramlösa, Rydebäck, Glumslöv, Landskrona, Häljarp, Dösjebro, Kävlinge och Gunnesbo.

Markaryds banan har bara en station, Markaryd som betjänats av och till. Södra stambanan från Hässleholm till Lund får nya stationer för regionaltrafik och har följande stationer Sösdala, Tjörnarp, Höör, Stehag, Eslöv, Örtofta och Stångby. Lund – Malmö är en av Sveriges mest trafikerade dubbelspår och stationerna emellan heter Hjärup, Åkarp och Burlöv. En framtida station söder om Lund ”Källby Mölla” kan återuppstå som station Klostergården i framtiden. Restiden för persontåg mellan Lund och Malmö är cirka 10 minuter. På sträckan planeras fyra spår fram till infarten söder om Lund. Detta beräknas vara färdigställt 2020.

Malmö – Citytunneln/Kontinentalbanan – Öresundsbron - Kastrup har blivit en av landets största succéer vilket innebär att trafikintensiteten är mycket hög. Citytunneln har stationerna Triangeln och Hyllie. Kontinentalbanan har en nedlagd station vid Östervärn samt stationerna Persborg och Svågertorp. Restiden mellan Malmö C och Kastrup är 19 minuter för regionaltåg.

Till Malmö ansluts även Lommabanan mellan Kävlinge och Arlöv och Trelleborgsbanan som främst är godsbanor, men det planeras även för en framtida persontrafik. Järnvägen till Ystad och Simrishamn ansluter också till Malmö vid Lockarp. Staffanstorpsbanan som ansluter i Östervärn kommer i framtiden att förlängas till Tomelilla och vidare till Simrishamn.

Kastrup – Köpenhamn har en restid på 14 minuter för tåg utan uppehåll på mellanstationerna Tårnby och Örestad. Trafiken är mycket intensiv på Öresundsbanan.

Järnvägen mellan Köpenhamn – Helsingör kallas för Kystbanen och har ett flertal stationer Nörreport, Österport, Hellerup, Klampenborg, Skodsborg, Vedbäck, Ryngsted Kyst, Kokkedal, Nivå, Humlebäck, Espergärde och Snäckersten. Restiden mellan Köpenhamn och Helsingör är cirka 50 minuter.

Den totala restiden mellan Helsingborg och Köpenhamn via Malmö är cirka 71 minuter och med färja över till Helsingör och tåg till Köpenhamn tar resan 80 minuter inklusive bytestid.

Den totala restiden idag med konventionellt tåg mellan Oslo – Köpenhamn är 7 timmar och 15 minuter och kräver byte i Göteborg. Därmed finns det ingen efterfrågan för resor med tåg mellan huvudstäderna i Danmark och Norge.

Trafikeringen på de konventionella banorna är avsedd för godståg, lokaltåg, regionaltåg, och snabbtåg med eller utan korglutning som inte har trycktäta passagerarutrymmen med hastigheter upp till 200 km/h (55 m/s) för A-tåg. Lutningarna begränsas till 1,0 % (1,25 % kortare sträckor) och kurvradierna ligger mellan 1000 - 2500 meter för nybyggda konventionella banor. Den konventionella banan ligger på traditionell banvall utan påldäck med plankorsningar. På nybyggda sträckor har plankorsningarna byggts bort.

4.3 Höghastighetsbana

En höghastighetsbana mellan Oslo och Köpenhamn kan skapa bättre restider för alla utmed det konventionella järnvägsnätet och lösa kapacitetsproblem i Skåne och Göteborgsområdet. Restiden blir ner mot 2 timmar och 30 minuter vilket är en enorm restidsförkortning jämfört med dagens restid på över 7 timmar.

Viktiga stationer på höghastighetsbanan är Oslo, Sarpsborg, Halden, Uddevalla/Öxnered, Göteborg, Halmstad, Helsingborg, Lund, Malmö, Kastrup och

Köpenhamn. Dessa stationer utgör också bytespunkter mellan konventionell järnväg och höghastighetsjärnväg.

Från Göteborg kan Oslo och Köpenhamn nås på ungefär 1 timme och 15 minuter och även Stockholm nås på cirka 2 timmar i framtiden via Götalandsbanan.

Trafikeringen på höghastighetsbanan är avsedd för trycktäta höghastighetståg utan korglutning med hastigheter upp till 360 km/h eller 100 meter per sekund. Lutningarna på en höghastighetsbana kan vara upp till 3,5 % på maximalt 6 km, normalt 2,5 % till skillnad från en konventionell bana som trafikeras med godståg som begränsar lutningen till 1,0–1,25 %. Kurvradierna ligger runt 7000 meter för att framtidssäkra för högre hastigheter. Banan kan byggas helt avskild från omgivningen på bro eller i tunnel vilket ger en mycket trafiksäker och driftsäker bana. Tekniskt sett dimensioneras banan för hastigheter upp till 500 km/h, vilket först på sikt uppnås som operativ hastighet.

4.4 Kombination av konventionell bana och höghastighetsbana

Att kombinera tågtrafik mellan konventionell bana och höghastighetsbana kan vara en fördel i vissa fall men kan också skapa problem med punktligheten på höghastighetsbanan. Möjliga stationer där byte mellan konventionell järnväg och höghastighetsjärnväg är i Oslo, Uddevalla, Öxnered, Göteborg, Halmstad, Lund, Malmö, Kastrup och Köpenhamn. För de snabbaste höghastighetstågen begränsas bytespunkterna till Oslo, Göteborg, Lund/Malmö och Kastrup/Köpenhamn.

Det kan även vara möjligt att leda höghastighetstågen på det konventionella nätet på följande sträckor: Trollhättan – Göteborg, genom Göteborg, genom Halland, Hallandsåstunneln, Knutpunkten, Lund – Malmö - Kastrup – Köpenhamn. Detta ökar restiden som då överstiger 3 timmar och väsentligt påverkar tågets marknadsandel i jämförelse med flyget.

4.5 Trafikstart 2020

För att trafikstart skall vara möjlig 2020 deltar samtliga kommuner och regioner i planeringsprocessen så att översiktsplaner uppdateras och beslutas i kommunerna. Kan detta uppnås senast 2014 finns det goda möjligheter att trafikstarten kan ske 2020.

5. TRAFIKERINGSKONCEPT OCH UPPEHÅLL

I detta kapitel kommer de gångtidsberäkningar som gjorts i projektet redovisas, samt vilka restider som nås med olika etapplösningar och hur trafiken kan se ut i höghastighetssystemet.

5.1 Introduktion

För att kunna göra gångtidsberäkningar för olika alternativ krävs ett referensalternativ. Som referensalternativ har den utredda sträckningen från Ski via Sarpsborg ner till svenska gränsen som fanns med i Jernbaneverkets höghastighetsutredning valts. Från svenska gränsen har en sträckning som är något genare än befintlig bana genom Dalsland valts ner till Öxnered. Från Öxnered fortsätter banan väster om Göta älvdalen större delen av sträckan. Vid lämplig plats i höjd med Nödinge korsar banan över eller under Göta älv och går sista biten på östra sidan ner mot Göteborg. Norr om Gamlestaden finns ett tillräckligt brett område för att ansluta höghastighetsbanan till Nordlänken.

Genom Göteborg är huvudalternativet att köra genom Västlänken, detta för att en stor andel av passagerarna i systemet bedöms ha Göteborg som start- eller slutdestination, och därför är en extern lösning där samtliga resenärer till/från Göteborg får väsentligt längre total restid mindre intressant. Därtill skulle en ny lösning medföra stora merkostnader. Å andra sidan påverkar detta norska och danska resenärer som skall resa mellan Oslo och Köpenhamn eftersom trafikering genom Västlänken tar längre tid än genom Lisebergstunneln eller ny trafiklösning parallellt med E6 och Västkustbanan.

Söder om Göteborg börjar höghastighetsbanan vid Almedal/Mölndal likt Götalandsbanan men fortsätter söderut i huvudsak längs E6 i Halland med undantag för Kungsbacka som passeras öster ut. Halmstad passeras längs motorvägen eller öster om staden. Söder om Halmstad viker banan in i landet och går i en genare sträckning än Markaryds banan norr om Örkelljunga och söder om Knäred. Vid Tyringe ansluter banan till den sträckning som Europabanan kan få genom Skåne ner till Lund. I Lund ansluter banan till dagens centrala stationsläge genom att två nya spår dras in till stationen norr ifrån likt ett 4-spår på Södra stambanan sista biten till Lund.

Från Lund antas tågen köra befintlig bana till Malmö, genom Citytunneln och över Öresundsbron till Kastrup och Köpenhamn H.

I referensalternativet antas maxhastigheten i systemet vara 320 km/h. Detta för utgångspunkten i projektet skall vara med den typ av förhållande och fordons prestanda som finns tillgängligt i kommersiell drift i dag. Högre hastigheter upp till 420 km/h planeras på High Speed 2 i England och Kina i framtiden.

5.2 Trafikeringskoncept

Höghastighetsbanan kommer att trafikeras av två trafikkoncept. Ett koncept som stannar på de mellanliggande mindre stationerna och ett system som enbart stannar på de större stationerna Oslo S, Göteborg C, Lund, Malmö, Kastrup och Köpenhamn H. Tågen med fler stopp är storregionala höghastighetståg. Dessa stannar även i Helsingborg (knutpunkten), Halmstad, Öxnered, Halden och Sarpsborg.

Från Stockholm förlängs de planerade direkttågen mot Göteborg vidare till Oslo S. För sträckningen till Stockholm har Trafikverkets utredningsalternativ US2 använts.

En HH-förbindelse i enlighet med det förslag som togs fram i IBU-Öresundsutredningen ligger till grund för de framtida möjliga restiderna via Helsingör och befintlig Kystbana till Köpenhamn.

I Norge skapas ett nytt regionaltågskoncept med mycket snabba regionaltåg som går på den nybyggda banan ner till Sarpsborg. I Sarpsborg byggs banan så att regionaltågen kan lämna höghastighetsbanan planskilt och stanna. Tågkonceptet körs med dubbelkopplade tågsätt som delas i Sarpsborg. Den ena halvan skapar snabba direktförbindelser Fredrikstad – Sarpsborg - Oslo och den andra halvan Halden – Sarpsborg – Oslo. Med detta koncept nås bättre restider från de tre städerna i Östfold till Oslo än vad andra lösningar ger.

5.3 Restider Oslo – Köpenhamn

För nedanstående alternativ utgår banan från det referensalternativ som beskrivs ovan. Restiderna mellan Oslo S och Köpenhamn H är för tåg som gör uppehåll i Göteborg, Lund, Malmö och Kastrup. Höghastighetstågen antas gå en gång i timmen i vardera riktningen.

Oslo – Köpenhamn Bana via Öxnered och Tyringe	STH	Restid
Västlänken, Lund, Citytunneln	320	2:47
Extern station i Göteborg E, Malmö E	320	2:31
Västlänken, Lund, Citytunneln	360	2:36
Extern station i Göteborg E, Lund E, Malmö E	360	2:21
**Via HH-förbindelse och ny Kystbana*	*360*	*2:30*

*Figur 5. Restider mellan Oslo – Köpenhamn med 320 respektive 360 km/h. *Tåget passerar inte Tyringe.*

En höjning av hastigheten till 360 km/h ger cirka 11 minuters restidsvinst. Nya externa (E) stationslägen i Göteborg ger bättre genomfartshastighet än vad godstågsviadukten och Gårdatunneln skulle ge. En ny höghastighetsbana mellan Lund till Lockarp och Malmö Syd ger cirka 15 minuters restidsvinst som alternativ till Citytunneln och Kontinentalbanan.

En sträckning via Bohuslän och externt stationsläge väster om Uddevalla skulle förkorta banan med knappt 18 km och det skulle ge en restidsvinst på cirka 2 minuter.

En sträckning över Hallandsåsen med externt stationsläge i Helsingborg skulle ge cirka 5 km kortare bana. Eftersom tågen skulle tappa något i fart i uppförsbacken som blir vid Hallandsåsen skulle restidsvinsten bli cirka 1 minut jämfört med alternativet via Tyringe. Alternativet att trafikera genom Hallandsåstunneln skulle medföra tidsförluster på 5 minuter.

5.4 Etapper och restider för delsträckor

En etapputbyggnad av COINCO-korridoren är tänkbar för att på sikt uppnå de mycket konkurrenskraftiga restiderna för hela projektet.

Den delsträcka i järnvägsnätet som har klart sämst standard efter de planerade åtgärderna är sträckan Ski – Öxnered. Den etapp som medför störst restidsförbättring bör därför byggas först.

Att välja en korridor som passerar Öxnered är därför intressant om en etapputbyggnad av banan kommer att ske. Dessutom är Öxnered ett externt läge i Trestads-regionen med exceptionellt bra bytesmöjligheter till Uddevalla, Vänersborg och Trollhättan. Man når även Karlstad, Lidköping, Herrljunga och Borås med byte i Öxnered.

Oslo – Göteborg	STH	Restid
Oslo – Öxnered - Göteborg; ny bana	320	1:10
Oslo – Uddevalla – Göteborg; ny bana	320	1:08
Oslo – Öxnered; befintlig bana Öxnered - Göteborg	320/200*	1:30

Figur 6. Restider mellan Oslo – Göteborg med 320 km/h på ny bana via Uddevalla till Göteborg och till Öxnered och där efter på befintlig banan "Nordlänken" mellan Öxnered och Göteborg.

Det är möjligt att välja två linjer från Halden ner till Göteborg med avseende på restiden. Den ena linjen går över Uddevalla och den andra över Öxnered.

**Nordlänken klarar bara 160 - 200 km/h för A-tåg beroende på att banan har för dålig geoteknisk underbyggnad och bitvis för korta elementlängdet för att klara högre hastigheter. Om 200 km/h skall nås erfordras korglutningståg.*

Restidsförlusten av att inte bygga ut hela sträckan ner till Göteborg och istället köra längs Nordlänken ner till Göteborg är cirka 20 minuter.

Söder om Göteborg kan man tänka sig två olika etapper; Göteborg – Halmstad och Halmstad – Lund. Dagens Västkustbana har som bäst standard genom Halland, medan den i Skåne har fler hastighetsnedsättningar med mindre kurvradier, sidoplattformar och tätare regional- och pendeltågstrafik. Om sträckan Lund - Tyringe är byggd för en framtida höghastighetsbana till Stockholm,

Europakorridoren är Halmstad – Tyringe en mycket intressant delsträcka. Den andra deletappen är Göteborg – Halmstad.

Nedan redovisade restider längs Västkustbanan är beräknade med förutsättningen att banan är utbyggd till dubbelspår enligt den plan som Trafikverket avser att genomföra. Detta innebär att hela Västkustbanan är dubbelspårig bortsett från den korta sträckan mellan Helsingborg C – Maria (Romares väg). En utbyggnad till dubbelspår påverkar restiden med som mest cirka 2 minuter.

En annan förutsättning är att banan går att uppgradera till 250 km/h där geometrin tillåter detta. Om geotekniken längs banan inte klarar hastigheter över 200 km/h (krävs mindre toleranser än banan är dimensionerad för) medför det att restiden förlängs med upp mot ytterligare 10 minuter för det alternativet.

Göteborg – Malmö	STH	Restid
Västkustbanan, upprustad 250 km/h	250	1:51
Höghastighetsbana via Tyringe	320	1:15
Göteborg – Köpenhamn	STH	Restid
Västkustbanan, upprustad 250 km/h	250	2:27
Höghastighetsbana via Tyringe	320	1:47
Göteborg – Köpenhamn rakaste vägen*	STH	Restid
Höghastighetsbana med extern station i Malmö E	320	1:39

*Figur 7. Restider mellan Göteborg – Malmö med 250 respektive 320 km/h på befintlig banan genom Hallandsåstunneln eller ny höghastighets bana via Tyringe. *Banan går rakaste vägen Halmstad – Lund och utanför Malmö med externt stationsläge vid Svågertorp.*

De uppsatta restidsmålen nås inte på delsträckan Göteborg – Köpenhamn. Anledningen till detta är främst att sträckan har tre mellanliggande stopp (Lund, Malmö och Kastrup) och att en mycket lång sträcka från Lund via Malmö, över Öresundsbron och in till Köpenhamn har lägre hastighet än övrig bana samt att trafiken är mycket tätare.

För att nå restidsmålet Göteborg – Köpenhamn H på 1h 15 minuter krävs färre stopp, ny bana utanför Malmö/Lund och en snabbare förbindelse in till Köpenhamn H alternativt en HH-förbindelse och en helt ny Kystbana.

Etapputbyggnad

1. Den etapp som bör byggas först är Ski – Öxnered/Uddevalla – Göteborg. Denna delsträcka har sämst restider i dagsläget och därför är det även den delsträcka som ger klart störst restidsnytta i projektet.
2. Om Europabanan är byggd mellan Lund och Tyringe är delsträckan Halmstad – Tyringe intressant att bygga. Den medför en mycket stor restidsvinst jämfört med att köra på den hårt kapacitetsbelastade Västkustbanan i Skåne.

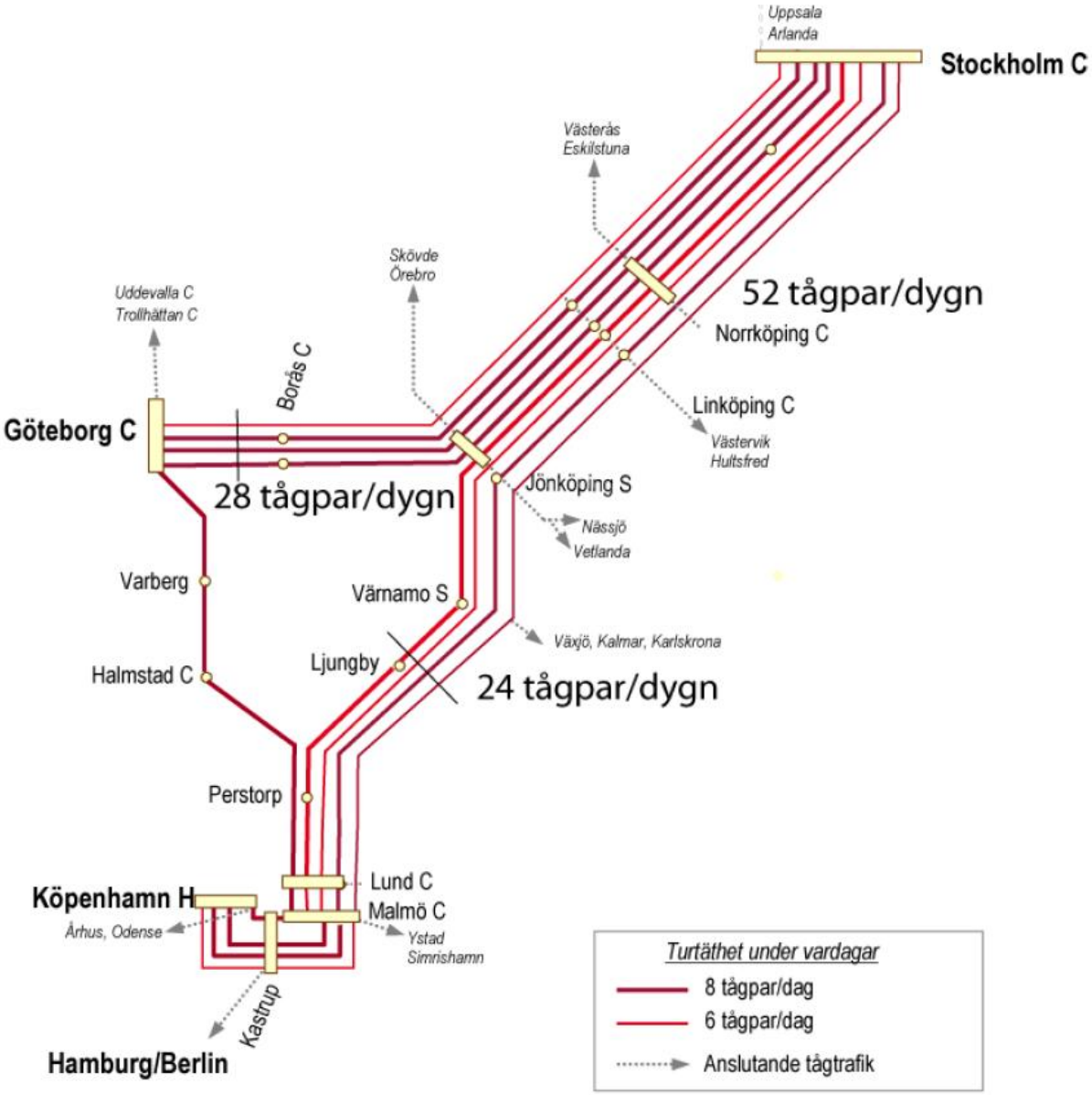
3. Öxnered – Göteborg och Göteborg – Kungsbacka är kapacitetsmässigt hårt belastade. Därför kommer kapacitetssituationen på dessa delsträckor att bli svårhanterliga, och av det skälet är de högt prioriterade.
4. Den delsträcka som har bäst standard och förhållandevis lite trafik i dagsläget är Västkustbanan mellan Kungsbacka och Halmstad.

Etapputbyggnader ska undvikas eftersom det förskjuter lönsamheten i projektet och kan till och med göra det olönsamt. Ramböll anser att hela sträckan bör byggas i ett paket med så kort byggtid som möjligit eftersom det radikalt ökar lönsamheten i projektet.

5.5 Restider längs Götalandsbanan till Stockholm

I den Svenska höghastighetsutredningen finns fyra scenarion framtagna för Götalandsbanan och Europabanan. Det scenario som har bäst samhällsekonomisk lönsamhet är US2, ett separerat tågsystem med mycket få kopplingspunkter till befintligt nät. Scenariot har centrala stationslägen med hastighetsnedsättningar i Norrköping (125 km/h), Linköping (160 km/h), Jönköping (250 km/h) och Borås (230 km/h). Banan trafikeras främst av höghastighetståg, men även av storregionala tåg i 250 km/h. Största hastighet på banan blir 320 km/h.

Den bästa restiden Stockholm – Göteborg med direkt tåg blir 2 timmar och med två uppehåll cirka 2 timmar och 12 minuter.



Figur 8: Föreslagen höghastighetstrafikering i US2.

5.6 Regional höghastighetstrafik i Östfold

För att få till en effektiv regional trafik till Östfold föreslås ett koncept där dubbelkopplade höghastighetsregionaltåg går från Oslo till Sarpsborg. I Sarpsborg delas tågsättet och ena tågsättet går till Fredrikstad och andra tågsättet till Halden. Tågen fortsätter till sina slutdestinationer på befintlig konventionell järnväg. Om en höghastighetsstation byggs i Halden fortsätter tåget dit istället för längs befintlig bana.

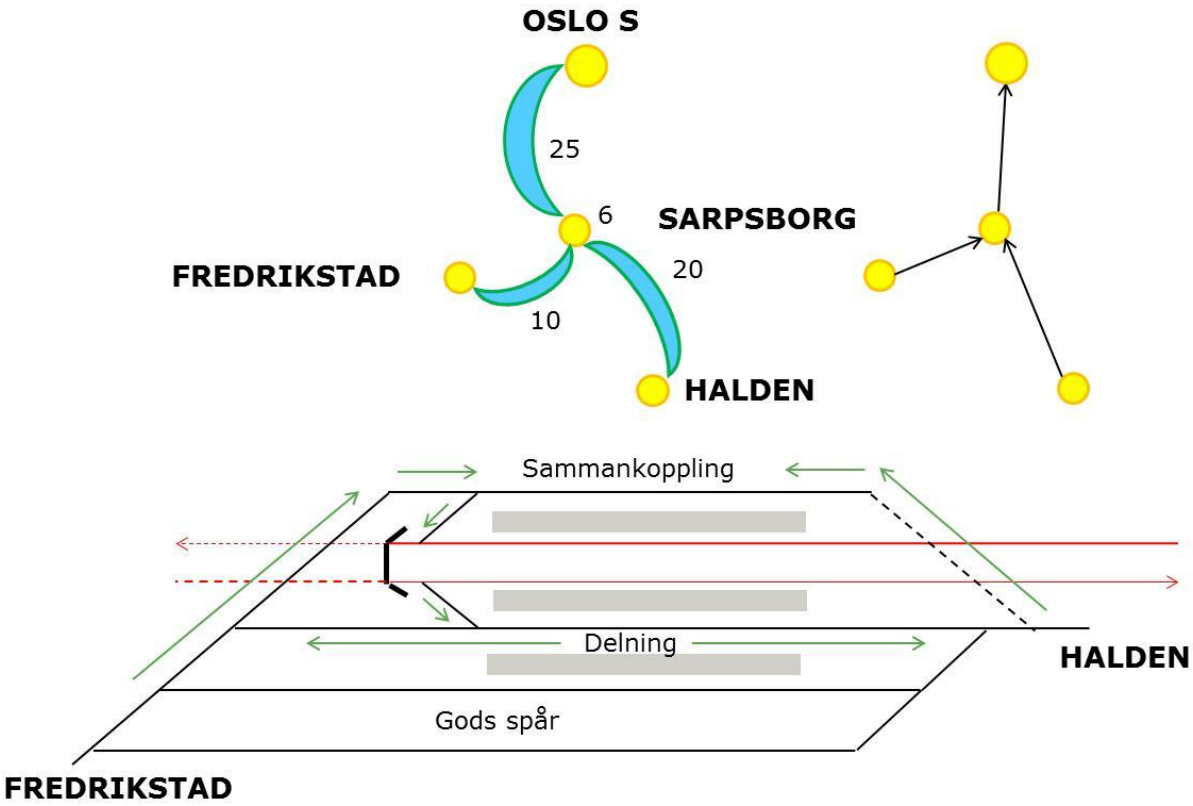
Ett annat alternativ är att tåget mot Halden fortsätter längs höghastighetsbanan till en kopplingspunkt norr om staden så att regionaltågen når befintligt

stationsläge med bättre restider än dagens konventionella bana. Detta bedöms minska restiden till Halden med cirka 8-10 minuter mellan Sarpsborg – Halden. Det är även kapacitetsmässigt positivt eftersom enkelspåret till Sarpsborg – Halden är betydligt längre än mellan Sarpsborg – Fredrikstad. Den korta sträckan Sarpsborg – Fredrikstad gör att en upprustning av befintlig bana enbart medför en mindre gångtidsförbättring.

Sammankoppling och delning av tågsättet i Sarpsborg beräknas medföra att stoppet blir maximalt 6 minuter. Om man köper japanska tågsätt som är mycket snabba och driftsäkra att dela så blir det möjligt att minska tiden i Sarpsborg till cirka 2 minuter. Tiderna nedan är angivna med 6 minuters av- och påkopplingstid.

Regionaltågsystem Östfold	Restid
Oslo S – Fredrikstad	0:41
Oslo S – Sarpsborg	0:25
Oslo S – Halden	0:51
Oslo S – Halden (höghastighetsbana till Halden)	0:41

Figur 8: Restider mellan Oslo – Sarpsborg, Fredrikstad och Halden. Trafikeringen sker på ny bana mellan Oslo S – Ski genom Follotunneln.



Figur 9: Regionaltågsupplägg och stationsutformning i Sarpsborg.

5.7 Regionaltågstrafiken längs höghastighetsbanan

Längs hela banan antas det gå höghastighetståg som stannar på de mellanliggande stationerna. Eftersom det bedöms viktigt att nå centrala målpunkter i så många städer som möjligt längs sträckan är huvudförslaget att en kopplingspunkt till Västkustbanan anläggs norr om Halmstad. Detta medför att regionaltågen går på den nybyggda Västkustbanan mellan Halmstad och Lund. Andra möjliga kopplingspunkter finns i Kungsbacka eller längs Nordlänken för att avlasta pendeltågsspåren. Norr om Öxnered kan en kopplingspunkt anläggas för tåg mot Karlstad, alternativt i södergående riktning vid en eventuell etapputbyggnad.

Regionaltågen är likt höghastighetstågen planerade att gå en gång i timmen i vardera riktningen. Restider för mellanliggande orter redovisas i figur 10.

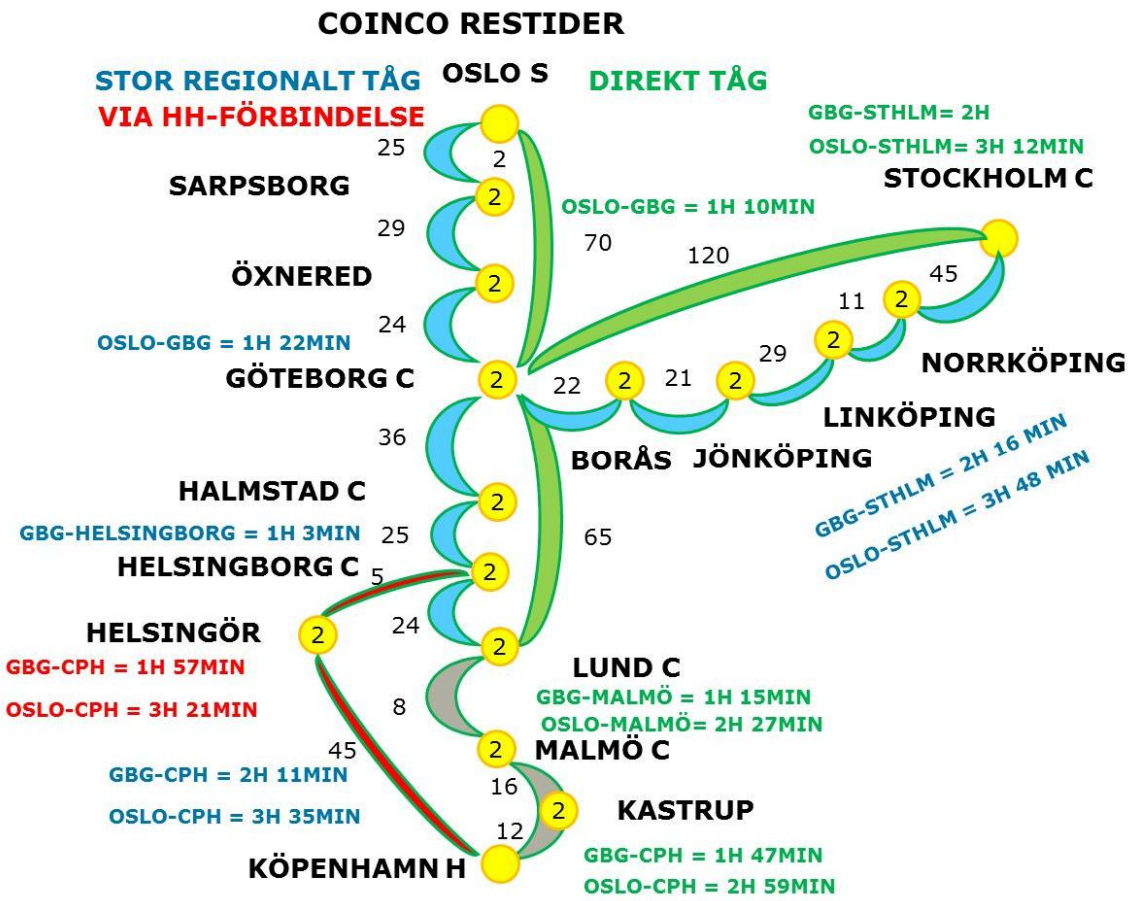
5.8 Möjlighet Helsingborg – Helsingör

För de storregionala höghastighetstågen antas det i framtiden byggas en Helsingborg – Helsingörförbindelse. Enligt IBU-Öresundsutredningen byggs tunneln för persontrafik mellan Helsingborg söder om Knutpunkten vidare till Helsingör. Detta medför att den regionala trafiken kan få en ny restidsväg till Köpenhamn via Kystbanen. Banan är en dubbelspårig järnväg trafikerad av mycket tät regionaltrafik med relativt låg hastighet. Kuststråket mellan Helsingör och Köpenhamn är tät bebott och det bedöms därför vara dyrt att anlägga ytterligare spår på sträckan till 3- eller 4-spårslösningar längs befintlig bana. Detta medför att COINCO-tågens hastighet måste anpassas till de restider som regionaltågen har på banan till 45 minuter mellan Helsingör och Köpenhamn H. Den totala restidsbilden redovisas i figur 10.

5.9 Uppnådda restider i COINCO

I figur 10 nedan redovisas samtliga gångtider för både höghastighetstågen (direkt tåg) och för de stor regionala tågen. Samtliga restider nedan är baserade på referensförslaget för ny infrastruktur enligt beskrivningen i kapitel 5.4. För sträckan Göteborg – Stockholm har de restider som nås för Trafikverkets reviderade alternativ US2 antagits.

Restiden är beräknad med en hastighet på 320 km/h. En höjd topphastighet till 360 km/h sparar cirka 6 minuter mellan Oslo och Göteborg och ytterligare 5 minuter mellan Göteborg och Lund.



Figur 10: Restider med COINCO.

Sträcka	Höghastighetståg	Storregionalt tåg
Oslo S – Göteborg	1:10	1:22
Göteborg – Halmstad	0:30*	0:36
Halmstad – Lund	0:35*	0:51
Lund – Kastrup	0:26	0:26
Kastrup – Köpenhamn H	0:12	0:12
Totalt Oslo – Köpenhamn med uppehåll	*2:59*	*3:35*
HH-förbindelsen Helsingborg - Köpenhamn	0:52	0:52
Totalt Oslo – Köpenhamn via HH-förbindelsen	*3:03*	*3:21*

*Figur 11: Restider med COINCO utan tid för stationsuppehåll. Banan går via Öxnered och Tyringe. *Tåget passerar Halmstad.*

Gångtidsberäkningarna visar att restidsmålen på delsträckan Göteborg – Köpenhamn inte nås. Den uppsatta restiden på 1 timme och 15 minuter nås mellan Göteborg – Malmö. Med en genare sträckning som ger 1 minut och höjd hastighet till 360 km/h som ger 5 minuter sparas totalt 6 minuter.

För att nå restidsmålet Göteborg – Köpenhamn H på 1 timme 15 minuter krävs direkt genomfart genom Göteborg via Lisebergstunneln och förbifart under Lund och stationsläge utanför Malmö kombinerat med färre stopp samt ny infrastruktur på dansk sida så att högre hastighet kan hållas från Öresundsbron till Köpenhamn H.

Det andra alternativet för att nå restidsmålet till Köpenhamn H är att bygga höghastighetsbanan fram till HH-förbindelsen, troligen utan stopp i Helsingborg, samt en ny bana med högre hastighet och mindre kapacitetsbegränsningar än vad dagens Kystbana mellan Helsingör och Köpenhamn H har.

Nedan redovisas de restider som blir mellan städerna. För sträckan Köpenhamn – Stockholm redovisas restiden via Göteborg. Med Europabanan minskar restiden Köpenhamn H till Stockholm C till cirka 2:55.

Restider mellan städerna	Oslo S	Göteborg C	Köpenhamn H	Stockholm C
Oslo S	-	1:10	2:59	3:12
Göteborg C	1:10	-	1:57	2:00
Köpenhamn H	2:59	1:57	-	3:42
Stockholm C	3:12	2:00	3:42	-

Figur 12: Restider med COINCO mellan huvudstäderna med bytespunkt Göteborg.

6. TRAFIKERINGSKONCEPT

6.1 Konventionellt nät

Det konventionella nätet tar sin utgångspunkt från dagens trafik samt de prognoser som är framtagna för de gällande infrastrukturplanerna i Sverige. I Sverige pågår en revidering av investeringsplanerna och en ny planeringsprocess håller på att sjösättas. Detta medför att förändringar i form av tidigareläggning och senareläggning av vissa projekt kan påverka det framtida konventionella nätet och dess trafik.

Följande tabell visar dagens trafik enligt tågplanerna vid relevanta delsträckor på alla de aktuella järnvägslinjerna längs korridoren i COINCO. Vissa förändringar har redan skett fram till dagens datum, t.ex. trafikeras inte längre sträckan Göteborg – Malmö med snabbtåg och Cargonet har dragit ned sin kombitrafik i Sverige vilket påverkar aktuella järnvägslinjer.

Bana	Sträcka	Sp	Tågtyper				Summa P-tåg	Totalt 2011	Kapacitet
			Gods	Snabb	Lokal	IR			
Östfoldbanan	Oslo S – Moss	2	11	0	138	82	220	**231**	Brist
Östfoldbanan	Moss – Halden	1	13	0	0	42	42	**55**	Brist
Norge/Vänernbanan	Halden – Öxnered	1	13	0	0	6	6	**19**	Balans
Norge/Vänernbanan	Öxnered – Älvängen	2	36	0	0	42	42	**78**	Balans
Norge/Vänernbanan	Älvängen – Göteborg	2	36		102	42	144	**180**	Brist
Västkustbanan	Göteborg – Kungsbacka	2	27	10	110	54	174	**201**	Brist
Västkustbanan	Kungsbacka - Halmstad	2	23	10	0	54	64	**87**	Balans
Västkustbanan	Halmstad – Ängelholm	1	9	0	0	38	38	**47**	Brist
Västkustbanan	Ängelholm – Helsingborg	1	0	0	56	38	94	**96**	Brist
Västkustbanan	Helsingborg – Lund	2	2	0	56	38	94	**96**	Balans
Södra stambanan	Lund – Malmö C	2	81	37	154	150	341	**423**	Brist
Citytunnelbanan	Malmö C – Hyllie	2	0	16	154	140	310	**310**	Brist
Öresundsbanan	Malmö gbg - Lernacken	2	72	0	80	0	80	**152**	Balans
Öresundsbanan	Lernacken – Kastrup	2	34	16	0	146	162	**196**	Brist
Öresundsbanan	Kastrup - Köpenhamn	2	34	16	146	192	354	**388**	Brist
Kystbanen	Köpenhamn – Helsingör	2	0	16	146	0	162	**162**	Brist

Figur 13A: Kapacitet mellan Oslo – Köpenhamn.

Oslo – Göteborg

Dagens fjärrpersontåg består av 3 dubbelturer som är en förlängning av den norska regionala tåglinjen Oslo – Halden. I övrigt på den norska sidan trafikeras Ösfoldbanan (Oslo – Halden) av totalt 41 dubbelturer varav 40 av dessa tåg går till Moss eller viker av i Skien mot Rakkestadsbanan. Samtliga tåg trafikeras av NSB.

På Norge/Vänernbanan, på den svenska sidan, trafikeras banan förutom av tågen från Oslo, Karlstad – Göteborg med 7 dubbelturer; Öxnered – Göteborg,

Vänersborg – Göteborg med 36 dubbelturer; Öxnered (Vänersborg/Uddevalla) – Göteborg och pendeltåg Älvängen – Göteborg med 51 dubbelturer från och med 2012. Tågen från Karlstad körs i samarbete med SJ och de regionala trafikhuvudmännen. Övriga tåg körs med Västtrafik som trafikhuvudman.

Godstrafiken Oslo och Östfold till Göteborg och omvänt är idag 13 godståg under ett normalt vardagsdygn. Den består bland annat av järnvägspendlar Oslo – Göteborgs hamn, kombitåg Oslo – Göteborg och mot Skåne (kontinenten), ett par systemtåg Östfold – Sverige med skogsråvaror samt några tåg i det svenska vagnslastsystemet med bland annat bilar.

På Värmlandsbanan tillkommer ett 10-tal godståg från Värmland och Dalarna, systemtåg med skogsprodukter och en järnvägspendel Karlstad – Göteborgs hamn samt några lokalgodståg. I Öxnered tillkommer dessutom några lokalgodståg från Bohuslän som av kapacitetsskäl går denna väg i stället för på Bohusbanan.

Göteborg – Halmstad

SJ:s snabbtåg Göteborg – Malmö slutade att gå i april 2012 och därför består endast tåg hela sträckan Göteborg – Malmö/Köpenhamn av de regionala Öresundstågen som körs i regi av regionala trafikhuvudmän. Då Hallandsåstunneln tas i drift år 2016 ökar chansen för att snabbtågen kommer tillbaka på sträckan. Det är en öppen fråga i vems regi dock eftersom det står fritt att trafikera det svenska järnvägsnätet förutsatt att man får kapacitetstilldelning på spåren. Öresundstågen består av 27 dubbelturer varav 19 av dessa fortsätter till Malmö/Köpenhamn. Förstärkningstrafik Göteborg – Halmstad sker med 7 dubbelturer. Sträckan Göteborg - Kungsbacka trafikeras av pendeltåg i Västtrafiks regi med 55 dubbelturer.

Godstrafiken Göteborg – Halmstad och omvänt är idag 27 godståg under ett normalt vardagsdygn. Den består av järnvägspendlar mellan Göteborgs hamn – Helsingborg, kombitåg Göteborg mot Skåne (kontinenten), ett flertal systemtåg med skogsråvaror till Väröbruk i Halland och skrot till Halmstad. Vidare är vagnslasttrafiken omfattande hela sträckan mellan rangerbangårdarna i Göteborg och i Malmö med cirka 15 godståg. Några lokalgodståg trafikerar dessutom sträckan Göteborg – Halmstad eller delar av sträckan till Varberg.

Halmstad – Helsingborg/Hässleholm

Öresundstågen består av 19 dubbelturer som fortsätter till Malmö/Köpenhamn. Sträckan Ängelholm - Helsingborg trafikeras av Pågatåg (pendeltåg) i Skånetrafikens regi, 27 dubbelturer. Även förstärkningstrafik med Öresundståg mellan Ängelholm – Malmö – Nivå körs.

Den genomgående godstrafiken på Västkustbanan mot Malmö går idag i huvudsak på Markarydsbanan via Hässleholm med 15 godståg. Av de 9 övriga tågen är det 4 som går till Helsingborg och övriga 5 går till Malmö på Godstråket genom Skåne. Skälet till att flertalet godståg går via Hässleholm är lutningarna över Hallandsåsen och kapacitetsproblem. År 2016 då Hallandsåstunneln tas i drift

kommer samtliga godståg mot Malmö gå via Godsstråket genom Skåne mellan Ängelholm – Åstorp – Teckomatorp – Malmö.

Helsingborg/Hässleholm – Lund
Öresundstågen består av 19 dubbelturer som fortsätter till Malmö/Köpenhamn och som kommer från Göteborg. Sträckan Helsingborg – Malmö trafikeras av Pågatåg (pendeltåg) i Skånetrafikens regi, 27 dubbelturer som utgår från Ängelholm. På sträckan Kävlinge - Lund tillkommer 20 dubbelturer Pågatåg som trafikerar Helsingborg – Malmö via Teckomatorp.

Sträckan Kattarp – Helslingborg – Landskrona trafikeras inte av några godståg av miljö- och säkerhetsskäl. Från Helsingborgs rangerbangård och kombiterminal går det 15 godståg mot Malmö men de går på Rååbanan via Teckomatorp. Ett par lokalgodståg trafikerar sträckan Landkrona – Kävlinge. Inga godståg trafikerar sträckan Kävlinge – Lund. Den genomgående godstrafiken på Västkustbanan mot Malmö går idag i huvudsak via Hässleholm med 15 godståg. Av de 9 övriga är det 4 som går till Helsingborg och övriga 5 går till Malmö på Godstråket genom Skåne. Skälet till att flertalet godståg går via Hässleholm är lutningarna över Hallandsåsen samt kapacitetsbrist. År 2016, då Hallandsåstunneln tas i drift kommer samtliga godståg mot Malmö gå via Godsstråket genom Skåne Ängelholm – Åstorp – Teckomatorp – Malmö. Till 2020 förväntas det gå 30 godståg via Västkustbanan och Hallandsåstunneln.

Lund – Malmö/Svågertorp – Kastrup
Sträckan Lund – Malmö är en av de mest trafikerade järnvägarna med blandad tågtrafik i Sverige. Från trafiken på Västkustbanan tillkommer all trafik på Södra stambanan från Hässleholm och Eslöv. Totalt rör det sig om 37 snabbtåg, 154 pendeltåg, 150 regionaltåg och 81 godståg, totalt 423 tåg under ett normalt vardagsdygn. Då sträckan är utbyggd till fyra spår utom genom södra Lund kommer tågtrafiken att kunna öka väsentligt. Effekterna på Västkustbanan är avhängiga av att motsvarande kapacitetsförstärkningar görs där. Med Hallandsåstunneln färdigställd och framtida dubbelspår mellan Ängelholm – Maria norr om Helsingborg kommer detta sannolikt medföra att trafiken på Västkustbanan ökar med upp mot 50 %.

Citytunnlen i Malmö togs i drift år 2010 och ökade kapaciteten väsentligt på sträckan Malmö – Öresundsbron och av säkerhetsskäl går det inga godståg i tunneln utan de använder Kontinentalbanan genom Malmö. Citytunneln trafikeras av snabbtåg, 8 dubbelturer som går till Köpenhamn, Öresundståg, 70 dubbelturer som går till Helsingör och 84 Pågatåg som vänder i Hyllie eller fortsätter mot Ystad – Simrishamn.

Öresundsbanan (Öresundförbindelsen) trafikeras med blandad tågtrafik. Totalt rör det sig om 16 snabbtåg, 146 regionaltåg och 34 godståg, totalt 196 tåg under ett normalt vardagsdygn. På natten går regionaltågen en gång i timmen. Öresundsbron trafikeras nattetid så att det är möjligt att stänga av ena spåret för löpande underhåll.

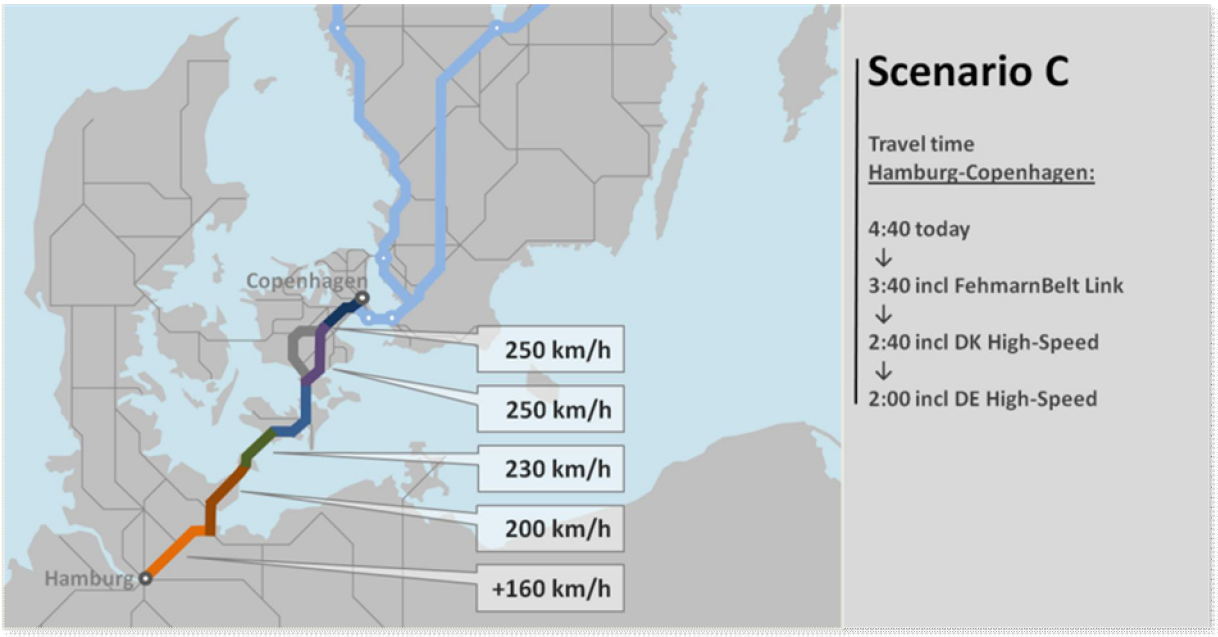
Kastrup – Köpenhamn
Sträckan trafikeras med person- och godståg som delar sig strax söder om Köpenhamn H. Förutom trafiken på Öresundsbanan som fortsätter till Köpenhamn tillkommer 192 danska regiontåg som har sin start- och ändstation på Kastrup samt ytterligare lokaltåg mellan Kastrup och Nivå på Kystbanen.

Helsingborg – Helsingör
Helsingborg – Helsingör trafikeras med färjor och rutten tar 20 minuter. Avgångarna är var 15:e minut och glesare på natten.

Helsingör – Köpenhamn
Helsingör – Köpenhamn trafikeras med Öresundståg. Avgångarna är var 20:e minut hela dagen. Därutöver tillkommer lokaltåg var 20:e minut mellan Nivå och Köpenhamn. Nattrafik förekommer alla dagar.

6.2 Järnväg Köpenhamn – Hamburg

Söder om Köpenhamn pågår projektering och utredning av nytt dubbelspår Köpenhamn – Hamburg inklusive Fehmarn Bält-förbindelse. I figuren nedan redovisas troliga restider och hastighetsstandard på järnvägssträckan. Med nedan vald standard nås restiden 2 timmar Köpenhamn – Hamburg. Med ny bana för 250 km/h även på tysk sida minskar restiden ner mot 1 timme 35 minuter.



Figur 14: Trolig hastighetsstandard Köpenhamn – Hamburg. Hamburg – Berlin har upprustad bana för 230 km/h.

6.3 Kapacitet och flaskhalsar

Enligt figur 13A i kapitel 6.1 ovan framkommer det att flera delsträckor redan idag har kapacitetsproblem utmed större delen av sträckan Oslo – Göteborg –

Köpenhamn. Med införande av höghastighetståg mellan Oslo – Köpenhamn och Stockholm – Göteborg/Köpenhamn inses att befintligt konventionellt järnvägsnät endast är dimensionerat för dagens trafik och kan därmed troligtvis inte på lång sikt klara av den naturliga befolkningstillväxten i Oslo, Göteborg, Skåne och Köpenhamn på cirka 3 % per år. Inom en 10-årsperiod kommer resebehovet att öka med 30-50 % varav hälften kan täckas upp med längre tåg men resterande del innebär behov av ny trafik på det konventionella nätet.

Godstrafiken kommer enligt EU att fördubblas på järnvägsnätet och detta leder till ytterligare kapacitetsproblem utmed den konventionella järnvägen. Problemet är som störst på Öresundsbron och järnvägen mellan Halden och Öxnered och till Göteborg och dess hamn.

Bana	Sträcka	Sp	Konv. nät			Höghastighetsnät	Totalt 2020	Kapacitet med ny höghastighets bana
			Gods	P-tåg	Summa			
Östfoldbanan	Oslo S – Moss	2	11	220	231	30	**261**	Brist
Östfoldbanan	Moss – Halden	1	13	42	55	30	**85**	Balans
Norge/ Vänernbanan	Halden – Öxnered	1	13	6	19	30	**49**	Balans
Norge/ Vänernbanan	Öxnered – Älvängen	2	36	42	78	30	**108**	Balans
Norge/ Vänernbanan	Älvängen – Göteborg	2	36	144	180	30	**210**	Balans
Västkustbanan	Göteborg – Kungsbacka	2	27	174	201	120*	**321**	Brist
Västkustbanan	Kungsbacka - Halmstad	2	23	64	87	60	**147**	Balans
Västkustbanan	Halmstad – Ängelholm	1	9	38	47	60	**107**	Balans
Västkustbanan	Ängelholm – Helsingborg	1	0	94	96	60	**156**	Balans
Västkustbanan	Helsingborg – Lund	2	2	94	96	120*	**216**	Balans
Södra stambanan	Lund – Malmö C	2	81	341	423	120*	**543**	Brist
Citytunnelbanan	Malmö C – Hyllie	2	0	310	310	120*	**430**	Brist
Öresundsbanan	Malmö gbg - Lernacken	2	72	80	152	0	**152**	Balans
Öresundsbanan	Lernacken – Kastrup	2	34	162	196	120*	**316**	Brist
Öresundsbanan	Kastrup – Köpenhamn	2	34	354	388	120*	**508**	Brist
Kystbanen	Köpenhamn – Helsingör	2	0	162	162	0	**162**	Brist

*Figur 13B: Kapacitet mellan Oslo – Köpenhamn. *Reserverad kapacitet för Götalandsbanan och Europakorridoren.*

Av figur 13B framgår det att trafiken med höghastighetståg och en ny höghastighetsbana mellan Oslo och Köpenhamn löser mycket av kapacitetsproblemen på sträckan. Däremot kvarstår problemen i Oslo, Göteborg och Lund – Malmö – Öresundsbron – Kastrup – Köpenhamn. Det innebär att en fast förbindelse mellan Helsingborg – Helsingör behövs byggas på sikt för att omleda godstrafik och frigöra kapacitet på Öresundsbron för höghastighetståg. Notera att tillväxten i tabellen ovan för persontrafik täcks upp av det nya höghastighetståget men att godsökningen inte är medtagen i tabellen.

6.4 Fordon

I världen finns ett stort antal olika fordon specificerade för hastigheter på minst 300 km/h. De största tillverkarna i världen är Hitachi/Kawasaki, Alstom, Siemens, Bombardier och China Southern Locomotive & Rolling Stock.

Standardlängden för höghastighetståg i världen är 400 meter. Detta medför att nästan samtliga tåg är 200 eller 400 meter långa. I COINCO kommer tågens längder att begränsas av de plattformslängder som finns i systemet i dag, där stationerna vid Köpenhamn H, Kastrup och Malmö C nedre begränsar längden till 300-340 meter.

Alla höghastighetståg i världen bortsett från det tyska drivs av 25 kV AC (samma standard som i Danmark). Siemens är det enda företaget som tillverkar höghastighetståg anpassade för 15 kV AC (den standard som finns i Sverige och Norge) med hastigheter kring 300 km/h. Tåg som klarar flera strömsystem får inte ut full effekt ur motorerna när de körs på lägre spänning än vad de designats för. Detta är främst till för att kunna köra på konventionella järnvägsnät med lägre standard.

Friarumsprofilen avser vagnens bredd. I Europa är den 3290 mm och det är något smalare än vad den är i Sverige och Danmark där den är 3400 mm. I Japan, Korea och Kina är höghastighetsbanorna byggda med en bredare profil likt den i Sverige. Detta har möjliggjort att tågen har 3+2 sittning i andra klass. I Frankrike och Japan finns höghastighetståg byggda i två våningar (TGV-Duplex och Shinkansen-MAX). Då dessa konstruktioner väger mer överges dessa för nya konstruktioner i Japan, och även Alstoms nyaste tåg för hastigheter upp till 360 km/h (AGV) har ett våningsplan.

I Figur 15 nedan jämförs Shinkansen N700, TGV-Duplex och ICE3. N700 är 400 meter långt, och TGV-Duplex och ICE3 är 200 meter med möjlighet att dubbelkoppla tågen.

MODEL	Tokaido-Sanyo Shinkansen	TGV (France)	ICE (Germany)
Inauguration	1964 (Tokaido), 1975 (Sanyo)	1981	1991*1
Section	Tokyo - Shin-Osaka - Hakata	Paris - Lyon	Cologne - Frankfurt
Distance	1069.1 km	431 km	180 km
Trains / Day	323 (Tokaido), 277 (Sanyo)	242	108
Maximum operating speed	300 km/h (Sanyo), 270 km/h (Tokaido)	300 km/h (320 km/h for part of the Mediterranean Line (Lyon - Marseille) *2)	300 km/h
Traction	EMU	EL	EMU
Power supply	25 kV AC 60 Hz	25 kV AC 50 Hz & 1.5 kV DC	15 kV AC 16 2/3 Hz
Axle load	11.4 t	17 t	15 t
Seat pitch (2nd class)	1,040 mm	920 mm	971 mm
Passenger capacity	1,323	545	391

Note: *1 The ICE3 service on the Cologne - Fankfurt high-speed line started in 2002.
*2 The TGV service of Mediterranean Line (Lyon - Marseille) started in 2001.
The figures for TGV and ICE are based on Thomas Cook (June 2010).

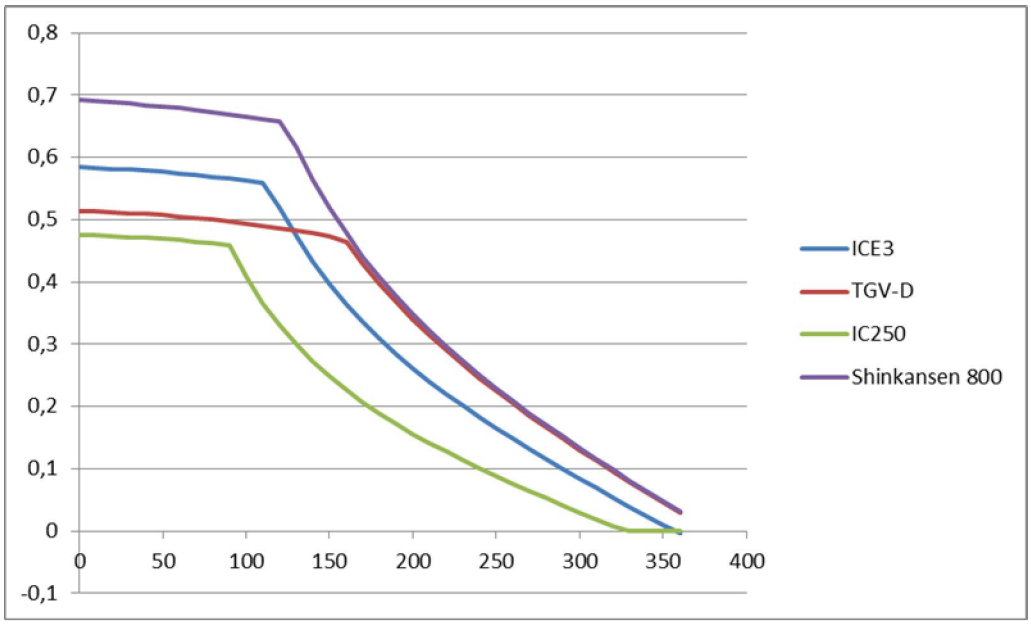
Figur 15: Jämförelse mellan fordonen N700, TGV-Duplex och ICE3

Shinkansen N700 har väsentligt lägre axeltryck och därmed lägre underhållskostnader, bredare säten och fler passagerare per längdmeter tåg än vad tvåvåningståget TGV-Duplex har. Detta tack vare att tågets breda profil på 3380 mm möjliggör 3+2 sittning.

I Figur 16 nedan redovisas dragkraftskurvor för några relevanta höghastighetståg. Shinkansen 800 är en variant av N700 även kallad ”Hill Climber” då den främst går på Kyushu Shinkansen där banan byggts med lutningar på upp mot 40 promille. Tåget kan köra 260 km/h uppför 40 promilles lutning utan att tappa fart, medan vanliga höghastighetståg inte har tillräcklig dragkraft och tappar hastighet i uppförsbackarna eftersom de är konstruerade för största lutning på 35 promille enligt TSD Rullande materiel.

Värt att notera är att Shinkansen 800 och ICE3 är motorvagnståg med drivning på mellanliggande boogier medan TGV-Duplex har en vagn med lok längs fram och längst bak i tåget, enbart med drivning på dessa hjul. De få hjulen med drivning är orsaken till den dåliga accelerationen för TGV-Duplex i låga hastigheter. I höga hastigheter där accelerationen främst beror på motorkraft och luftmotstånd blir det tydligt att ICE3 har mindre motorstyrka än TGV-Duplex och Shinkansen 800. ICE3:s dåliga prestanda beror sannolikt på de begränsningar som Tysklands banors 15 kV AC system ger eftersom det begränsar strömmen till drivmotorerna.

Enligt TSD-reglerna måste residualaccelerationen vid toppfart vara minst 0,05 m/s^2. Toppfarten för Shinkansen 800 och TGV-Duplex är således 350 km/h. ICE3:s toppfart är 320 km/h.



Figur 16: Dragkraftskurva för fyra olika höghastighetståg. Hastighet redovisas på x-axeln, acceleration i m/s^2 på y-axeln.

Höghastighetståg

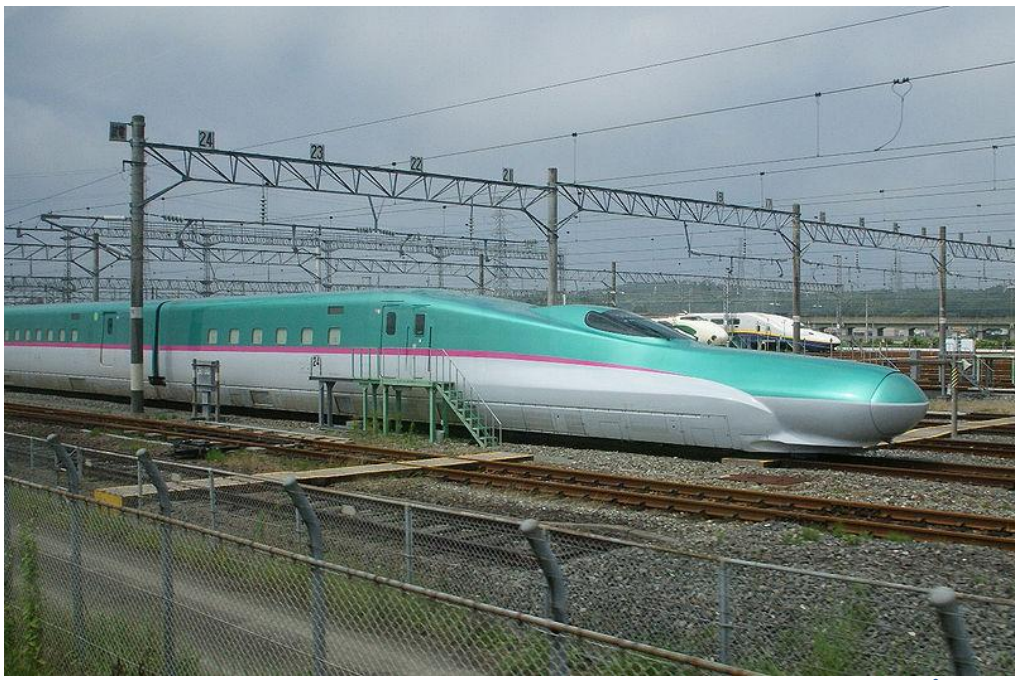
Nedan visas några av de höghastighetståg som finns i världen.

Samtliga höghastighetstillverkare i världen bygger tågen optimerade för 25 kV växelström. Siemens Velaro (ICE3) är det enda tåget som byggs för 15 kV 16,7 Hz. Samtliga tåg kan fås med valfritt antal vagnar i konfigurationer upp till 400 meters längd. Tillverkare som levererar till den japanska och kinesiska marknaden har tåg specificerade med en bredare vagnkorg som passar i Sverige/Norge.

Shinkansen E5 är det senaste höghastighetståget i Japan, byggt av Hitachi/Kawasaki. Tåget trafikerar Tohuku Shinkansen i hastigheter upp till 320 km/h. 360 km/h var inte ekonomiskt lönsamt på grund av stora kostnader för bulleråtgärder då japanska bullerrestriktioner är strängare än europeiska. Tåget är utrustat med lutande vagnkorg för att öka komforten, som mest lutar tåget 1°. Som jämförelse lutar SJ2000 upp till 6°. Tåget har tio vagnar och multipel kopplas med Shinkansen E6 som är ett sexvagnars tågsätt med en smalare profil på 3000 mm för att kunna trafikera det som kallas mini Shinkansen i Japan.

Tågen är byggda för att snabbt kunna delas och sättas ihop där höghastighetsbanan delar sig till en uppgraderad konventionell järnväg som anpassats för mini Shinkansen. Uppehållet vid station för delning av tågsättet

inklusive passagerarutbyte tar 2 minuter för det främre tågsättet och 4 minuter för det bakre tågsättet vid delning. När de kopplas samman tar uppehållet 2 minuter för båda fordonen.



Figur 17: Shinkansen E5 (Hitachi/Kawasaki), Japans senaste höghastighetståg. Går på Tohuku Shinkansen.

Figur 18: Delning av sammankopplade Shinkansen tågsätt, sker under ett 2 minuter långt stationsuppehåll.

Shinkansen 800 är ett tågsätt som är mycket likt Shinkansen N700. Tåget är byggt för Kyushu Shinkansen där det bor färre invånare än i de mer centrala

delarna av Japan. Kyushu Shinkansen går genom ett mycket kuperat område av Japan och till vissa delar i tunnel. Tåget är optimerat för de stora lutningar på banan som tåget trafikerar.

Figur 19: Shinkansen 800 (Hitachi/Kawasaki) "Hill Climber" vid ändstationen Kagoshima - Chuo station.

I Frankrike trafikeras höghastighetsnätet i huvudsak av TGV-Duplex. Tåget är 200 meter långt med tio vagnar, där första och sista vagnen är lok. Dessa duplextåg multippel kopplas i högtrafik till och från Paris. Tågen är främst byggda för hög toppfart och har dålig acceleration. Därför lämpar sig tåget främst för trafikupplägg med långt avstånd mellan stationerna. Vissa TGV-Duplex-avgångar kör upp till 3 timmar utan uppehåll på linjen Paris – Nice.

Figur 19: SNCF TGV-Duplex (Alstom).

I Tyskland trafikeras höghastighetsbanorna främst av DB:s ICE3. I Tyskland finns inget nät av höghastighetsbanor utan enbart ett antal delsträckor som byggts med modern standard. ICE3 är det enda höghastighetståget som klarar att köra 300 km/h med 15 kV AC strömförsörjning. DB kör dock normalt bara i 250 km/h.

Figur 20: DB Intercity Express 3, ICE3 (Siemens Velaro).

I Kina byggs numera egna tåg baserat på teknik man lärt sig från de joint ventures man har med Hitachi, Alstom, Bombardier och Siemens. De senaste tågen heter CRH380 och kallas Harmony. Tågen är enligt uppgift specificerade för hastigheter upp till 380 km/h. I dagsläget är största tillåtna hastighet 300-350 km/h.

Figur 21: CRH380A(CSR) byggd med teknik från utländska samarbetspartners för tekniköverföring.

Storregionala tåg

I världen finns många exempel på höghastighetsbanor med regionala upplägg och tätare stopp. På flera platser körs regionaltågen med samma typ av fordon som trafikerar höghastighetslinjerna. Nedan visas några höghastighetståg som främst trafikerar regionaltågslinjer.

I Japan körs de regionala tågsystemen med tåg som prestandamässigt är mycket lika eller samma som höghastighetstågen lite beroende på bana. Shinkansen 500

är ett tågsätt som i huvudsak går som regionaltåg längs Sanyo Shinkansen med toppfart på 300 km/h. Tåget har 3 + 2 sittning i 2:a klass.

Figur 22: Shinkansen 500 (Hitachi/Kawasaki) regionaltåg längs Sanyo Shinkansen för 300 km/h.

Hitachi är leverantör till High Speed 1, HS1 i Storbritannien för regionaltåg. Deras tågsätt (Class 395) är ett motorvagnståg baserat på Shinkansen E6, ett japanskt tåg med smalare vagnprofil anpassat för det regionala behov som finns i södra England. I Dover kan tåget dessutom köra med kontaktskena av samma modell som en tunnelbana och med ytterligare två spänningar. Tåget har en topphastighet på 225 km/h längs HS1 och 160 km/h på det konventionella nätet. Tåget har visat sig klara vinterförhållandena mycket bra jämfört med Eurostar som också går på HS1 som var ur funktion under den snöiga vintern 2010.

Figur 23: Javelin Class 395 (Hitachi) Bullet Train för HS1 i England.

I Spanien körs höghastighetstågen (AVE) i 300 km/h och de regionala trafikuppläggen (AVANT) i 250 km/h. De regionala trafikuppläggen går enbart kortare sträckor i höghastighetsnätet oftast med stopp på mindre stationer eller orter som inte betjänas av AVE trafiken.

Figur 24: RENFE Class 120, AVANT (CAF/Alstom).

Höghastighetsgodståg

TGV-Post är ett av få godståg som kör på höghastighetsbanor i världen då det enbart finns en höghastighetsbana där det är tillåtet att köra med vanliga godståg, och då enbart nattetid när persontrafiken inte körs.

Figur 25: TGV-Post (Alstom), ett av få höghastighetgodståg i världen.

Alla höghastighetsbanor för 300 km/h eller högre i världen är byggda enbart för persontrafik beroende på lägre tillåtna axellaster, ända ner mot 16 ton. Den första höghastighetsbanan Hannover – Wurzburg i Tyskland byggdes med små lutningar och stora radier för att kunna köra gods nattetid. Banan är byggd för 250 km/h och trafikeras enbart av godstrafik nattetid när ingen persontrafik går på banan. Höghastighetsbanor byggda i Tyskland därefter är byggda enbart för persontrafik och har stora lutningar och mindre radier. I Tyskland tillåts större rälsförhöjningsbrist i upp till 300 km/h för banor med ballastfria spårsystem vilket möjliggör att 300 km/h kan köras i kurvor med minsta radie 3350 meter.

Inspektion och underhåll

I Japan har man speciella tåg som kör i nätet för att diagnostisera och inspektera banan för underhåll. Detta gäller exempelvis Tokaido Shinkansen vilket är den äldsta och tätast trafikerade banan. Tokaido Shinkansen är till skillnad från de nyare höghastighetslinjerna byggd med ballastspår vilket ger ett ökat underhållsbehov. Tåget går under namnet ”Dr Yellow” och kör runt i systemet och mäter banans underhållsbehov i upp till 270 km/h på dagtid så att underhållet kan utföras på natten.

Samtliga Shinkansen-linjer stängs nattetid klockan 00-06 för underhåll. Detta medför att man aldrig behöver stänga av banan dagtid för underhållsåtgärder eller får trafikstörningar. Samma strategi har implementerats i Kina.

Figur 26: Doctor Yellow (ombyggt N700, JR Central) Japanskt tåg för underhållsmätning.

7. KORRIDORER OCH LINJEFÖRING

Vid linjeföringen måste man kartlägga de fasta punkter som måste passeras av höghastighetsbanan utöver start- och slutpunkten. Det kan vara en anslutningspunkt till det konventionella järnvägsnätet, ett stationsläge, vattendrag, tunnelportal etc. Målsättningen är att ha så få fasta punkter som möjligt vilket ger den största flexibilitet i linjeföringen.

Nedan följer några av de viktigaste fasta punkterna för höghastighetsbanan.

- Oslo S är startpunkten för höghastighetsbanan och ansluter till Follotunneln.
- Ski, Sarpsborg, Halden, Uddevalla/Öxnered, Surte – Göteborg, Halmstad, Helsingborg/Tyringe, Lund, Malmö, Kastrup och Köpenhamn.
- Göta älv, Helsingborg – Helsingörförbindelsen, Öresundsbron.
- Västlänken, Citytunneln

I dessa fasta punkter uppstår svåra passager och dessa bör så tidigt som möjligt detaljutformas så att man säkert kan fastställa att passagen är möjlig att uppnå med höghastighetståg innan man väljer att fastslå linjeföringen på andra ställen.

7.1 Delsträcka A Oslo – Göteborg

Hela den befintliga sträckan mellan Oslo S till Göteborg är 349 km lång varav sträckan till Öxnered är 267 km. Sträckan mellan Öxnered och Göteborg är ytterligare 82 km. Motsvarande sträcka utmed E6 är 290 km vilket är 61 km kortare med bil än med järnväg.

Linjeföringen för höghastighetsbanan blir 290-310 km beroende på vald linjeföring. Banan är i bästa fall 89 km kortare än den konventionella banan och ungefär lika lång som E6. Linjeföringen kan väljas mellan att passera Uddevalla eller Öxnered och restiden påverkas cirka 4 minuter beroende på val av sträcka. I båda fallen uppnås en restid mellan Oslo S och Göteborg på 70 minuter. Tid max avser en genomsnittshastighet på 250 km/h utan acceleration, retardation och uppehåll. Det innebär att den operativa hastigheten överstiger 300 km/h.

Sträcka	Längd	Tid max
Oslo S - Sarpsborg	75 km	18 min
Sarpsborg – Halden	25 km	7 min
Halden – Uddevalla	93 km	24 min
Uddevalla – Göteborg	67 km	20 min
Halden – Öxnered	102 km eller 108 km	25 min
Öxnered – Göteborg	76 km	20 min

Figur 27: Delsträcka A, längd och restid.

Oslo S – Sarpsborg – Halden
Från Oslo S går linjeföringen genom Follotunneln till Ski och så rakt som möjligt mot Sarpsborg genom samhällena Ski, Hoböl och Våler. Mellan Sarpsborg och Halden passeras Skjeberg som är ett känsligt kultur- och naturområde. Andra känsliga områden är Tröskevannet och Björnlandeveja.

Linjeföring är dragen för den högsta möjliga hastigheten med uppehåll i Sarpsborg för anslutning till Fredrikstad, Rygge Airport, Moss och Halden. Linjeföringen genom städerna är övergripande och det kan medföra lokalt lägre hastigheter genom tätorterna i Östfold. Banan passerar under Haldens centrum.

Halden – Uddevalla – Göteborg
Från Halden går höghastighetsbanan mot den svenska och norska riksgränsen mellan länderna och passerar Breby Sag och Grövet för att på den svenska sidan hamna i trakterna vid Vassbotten vid Norra Bullaresjön. Banan följer dalen utmed bergskanten väster om Bullarebyggden söder ut utmed Södra Bullaresjön väster om Östad ner till Vassändan vidare söder ut mot Dingle. Därefter passeras Munkedal för att nå Uddevalla där en extern station etableras väster om staden vid Torp.

Från Uddevalla följer banan i stort E6 korridoren ner mot Stenungsund och Kungälv för att vid Surte ansluta sig på Nordlänken ner till Göteborg.

Halden – Öxnered – Göteborg
Från Halden går linjeföringen norr om Kornsjö för att passera riksgränsen och följa den befintliga järnvägskorridoren mot Ed för att där vika av rakt söder ut mot Öxnered. Ett större naturreservat passeras av höghastighetsbanan och där bör ekodukter anläggas för att minimera intrånget för djurliv och natur.

I Öxnered korsas flera konventionella linjer mot Uddevalla, Vänersborg, Trollhättan och Karlstad.

Höghastighetsbanan fortsätter på Göta älvs västra sida ner till Nödinge där banan går över på den östra sidan om Göta älv och ansluter på Nordlänken vidare in till Göteborg.

7.2 Delsträcka B och C Göteborg - Lund

Göteborg – Halmstad
Linjeföringen genom Göteborg är på det framtida järnvägsnätet genom Västlänken eller på det befintliga järnvägsnätet på godstågsviadukten och genom Gårdatunneln med Lisebergs station. Går tåget utanför Göteborg Central är följande stationslägen möjliga, Gamlestaden, Liseberg eller Mölndal.

Restiden genom Göteborg på det befintliga järnvägsnätet påverkas mest om höghastighetståget skall angöra Göteborg Central och vända i stoppbockarna eller stanna i Gamlestaden eller Liseberg/Mölndal. Restiden genom Västlänken tar

nästan lika lång tid som att vända tåget på Göteborg Central. Tabellen nedan ger ungefärliga restider för de olika alternativen genom Göteborg.

Val	Linje	Längd km	Restid min	Anm.
B1	Gamlestaden – Liseberg – Mölndal	5,4	10	Brist
B2	Gamlestaden – Göteborg C – Mölndal	9,0	22	Brist
B3	Västlänken	13,1	21	Brist
B4	E6 korridoren	5,3	9	Balans

Figur 27. Restider genom Göteborg.

Restiden genom Göteborg kan variera med 13 minuter beroende på alternativ genom staden. Det finns anledning att tro att det med undantag av en ny höghastighetstunnel genom Göteborg kommer att vara kapacitetsbrist på samtliga alternativ och att det därmed är intressant att studera alternativ med en kombinerad järnvägs- och motorvägstunnel genom Göteborg.

Höghastighetsbanan viker av vid Almedal eller Mölndal och fortsätter i samma korridor som Västkustbanan ner till Lindome för att där gå öster om Kungsbacka vidare utmed E6 till Halmstad. I Halmstad anordnas kopplingspunkter med det konventionella nätet så att flexibilitet i trafiksystemet uppnås. Passagen genom Halmstad går vid motorvägen E6 på östra sidan.

Halmstad – Lund

Delsträckan C mellan Halmstad och Lund kan väljas i en västlig linjeföring mot Helsingborg eller direkt ner till Lund alternativt en östlig linjeföring mot Knäred och Tyringe där Europabanan troligen passerar. I Tyringe området anläggs en kopplingspunkt mellan de två höghastighetsbanorna och anslutning till det konventionella nätet och Hässleholms station.

Linjevalet påverkar restiden något och skall sättas i relation till en framtida höghastighetsbana till Stockholm och de kostnadsbesparingar en gemensam sträckning i Skåne kan medföra. Tabellen nedan visar de olika alternativen.

Sträcka	Längd	Tid max
Halmstad – Helsingborg	70 km	17 min
Helsingborg – Lund	52 km	14 min
Halmstad – Lund	115 km	28 min
Halmstad – Tyringe - Lund	125 km	31 min

Figur 28: Delsträcka C Halmstad – Lund.

Halmstad – Helsingborg – Lund

Höghastighetsbanan går ut från Halmstad med befintliga Västkustbanan till Veinge och styr sedan ner mot E6 över Hallandsåsen öster om Ängelholm för att vika av mot Kattarp. Ett externt stationsläge etableras öster om Helsingborg lämpligen i höjd med Skånebanan där en bytespunkt etableras. Därefter går banan utmed

Västkustbanan för att vid Glumslöv vika av direkt mot Kävlinge och ansluta på Västkustbanan in mot Lund. Skall tåget även stanna i Helsingborg ökar restiden med ytterligare 2 minuter.

Halmstad – Lund
Höghastighetsbanan går ut från Halmstad med befintliga Västkustbanan till Veinge och styr sedan ner mot E6 och upp över Hallandsåsen öster om Ängelholm för att passera väster om Bjuv söder ut mot Kågeröd och Marieholm vidare till Lund och ansluta mot Södra stambanan.

Halmstad – Tyringe - Lund
Höghastighetsbanan går ut från Halmstad med befintliga Västkustbanan till Veinge och fortsätter utmed Markarydsbanan till Knäred för att korsa Lagan och vika av söder ut mot Tyringe. Därefter fortsätter banan mot Stockamöllan mot Lilla Harrie och ner till Lund och ansluter till Södra stambanan.

7.3 Delsträcka D och E Lund – Köpenhamn

Delsträckan D mellan Lund och Kastrup kan väljas i tre olika variationer, genom Citytunneln, Kontinentalbanan eller en ny sträckning mellan Flackarp söder om Lund till Lockarp på Öresundsbanan. Större delen av linjen är befintligt linjenät och beskrivs inte noggrannare. Tabellen nedan visar de olika alternativen.

Sträcka	Längd	Tid max
Lund – Citytunneln – Kastrup	45 km	24 min
Lund – Kontinentalbanan – Kastrup	47 km	24 min
Lund – Lockarp, ny bana – Kastrup	50 km	20 min
Kastrup – Köpenhamn	11 km	12 min

Figur 29: Delsträcka D och E Lund – Köpenhamn.

8. STATIONER

8.1 Allmänt

Höghastighetsstationer skiljer sig generellt från konventionalla stationer på två sätt. Det första är att stationer längs en höghastighetslinje bör utformas så att tåg som inte skall stanna kan passera stationen utan hastighetsnedsättning. Detta innebär att stationen kräver mycket bra geometri vilket ofta betyder att stationen lokaliseras externt i staden.

Ett externt stationsläge innebär sämre tillgänglighet till staden och bör placeras i närheten av goda kommunikationer exempelvis vid en järnvägsstation eller annan knutpunkt utanför samhället. Ett externt stationsläge medför även möjlighet för projektet att själv tillgodogöra sig det ökande markvärdet som projektet medför genom ökad exploatering i närområdet. Nedan ses stationen i Yokohama vid invigningen av Tokaido Shinkansen 1964 och hur området exploaterats drygt 20 år senare.

Figur 30: Externt stationsläge i Yokohama 1964 och samma station 1986.

Det andra som skiljer en höghastighetsstation från en konventionell station är att stationen har separata spår för tåg som passerar stationen i full hastighet. I Sverige är största tillåtna hastighet för att passera en station med sidoplattform

200-240 km/h. Det normala är därför att man utformar stationen med två spår i mitten för passerande tåg och två till fyra sidotågspår med plattformar.

En höghastighetstation bör inte lokaliseras i en tunnel då det är mycket svårt att hantera tryckvågen för väntande passagerare på plattformarna om hastigheten är hög. En underjordisk station medför därför hastighetsnedsättning för att miljön för väntande passagerare ska upplevas positivt. Det är alltså inte lämpligt att höghastighetståg passerar de underjordiska stationerna i hög hastighet.

8.2 Depåer för höghastighetståg

För att hantera höghastighetstågen är det sannolikt att minst en ny depå behöver byggas för ändamålet. Depån måste vara tillräckligt lång för att hantera alla tänkbara längder på tågsätt och minimikravet är 400 meter för höghastighetståg. Lämplig placering av depå är i ett låglänt område längs den del av banan som öppnar först. En etapputbyggnad börjar troligen med sträckan Oslo – Uddevalla – Göteborg/ – Öxnered och därför är lämplig placering Östfold alternativt norr om Öxnered.

Figur 31: Depå för Höghastighetståg.

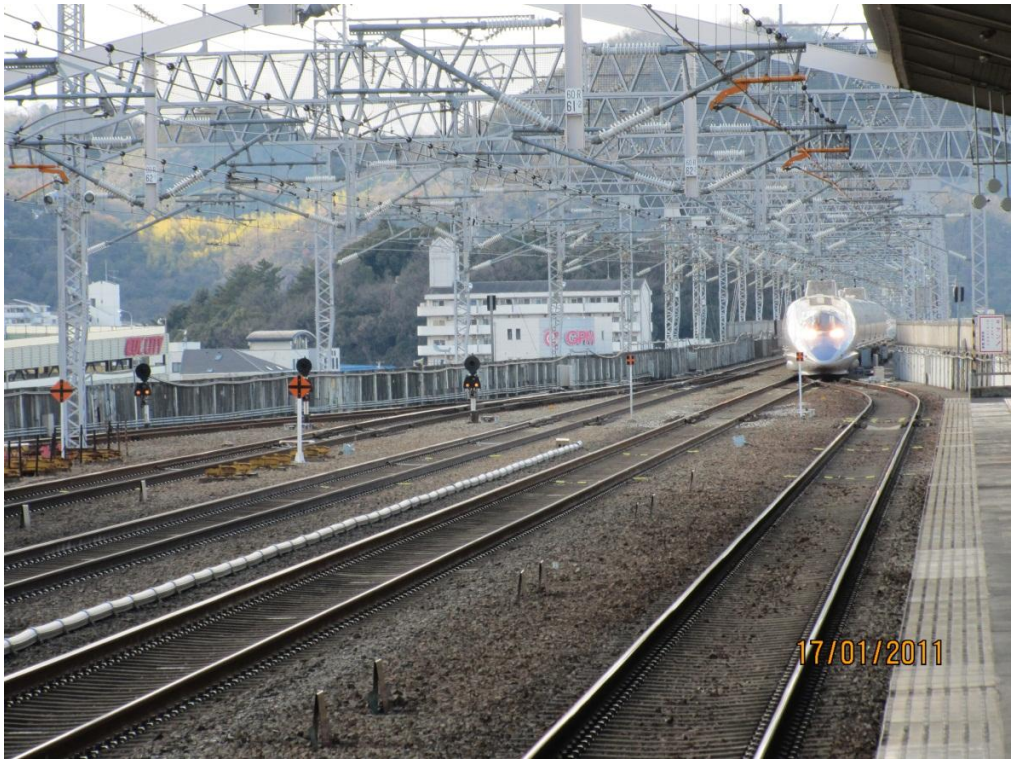
8.3 Höghastighetsstationer

Höghastighetsstationer längs linjen bör byggas med två genomgående spår i mitten av stationen och två till fyra sidotågspår med plattformar för stoppande tåg. Växlar in mot sidotågspåren kan byggas med låg hastighet med 80 km/h i grenspåret.

Det andra alternativet är att utforma stationen med längre sidospår så att tidsluckan mellan tågen om 5 minuter enligt TSD prestandakrav uppnås vilket

leder till kortare stationsuppehåll på 2 minuter. Denna typ av lösning förekommer i Frankrike.

Samtliga stationer längs banan kan utformas med så kallade ”close up”-signaler. Detta möjliggör att tåg som inte skall stanna kan ligga mycket tätt efter ett regionaltåg som är på väg att stanna. När regionaltåget svängt av huvudtågsspåret och gör passagerarutbyte mot sidoplattformen kan en flygande förbigång genomföras utan att regionaltåget behöver stå mer än 4 minuter vid plattformen.



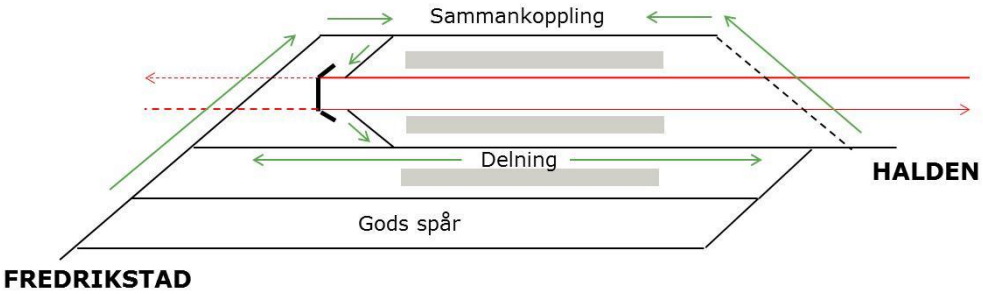
Figur 32: Regionaltåg på väg in mot plattform vid Himeji station längs Sanyo Shinkansen.

Oslo S
Befintlig station utnyttjas för både höghastighetstågen, stor regionala tåg till Östfold och flygtågen till Gardemoens flygplats. Oslo S kapacitetssituation kan behöva ses över då ett stort antal tillkommande tåg för vändning kan bli problematiskt på sikt utan åtgärder i framtiden.

Sarpsborg
I Sarpsborg blir stationsläget detsamma som förslaget till höghastighetsbanan i Jernbaneverkets höghastighetsutredning.

Figur 33: Stationsläge i Sarpsborg enligt det förslag som tagits fram i Jernbaneverkets höghastighetsutredning.

En viktig del av stationen i Sarpsborg är dess utformning. För att kunna hantera regionaltrafiksupplägget i Östfold med tågdelning måste stationen utformas enligt nedanstående förslag i figur 34.



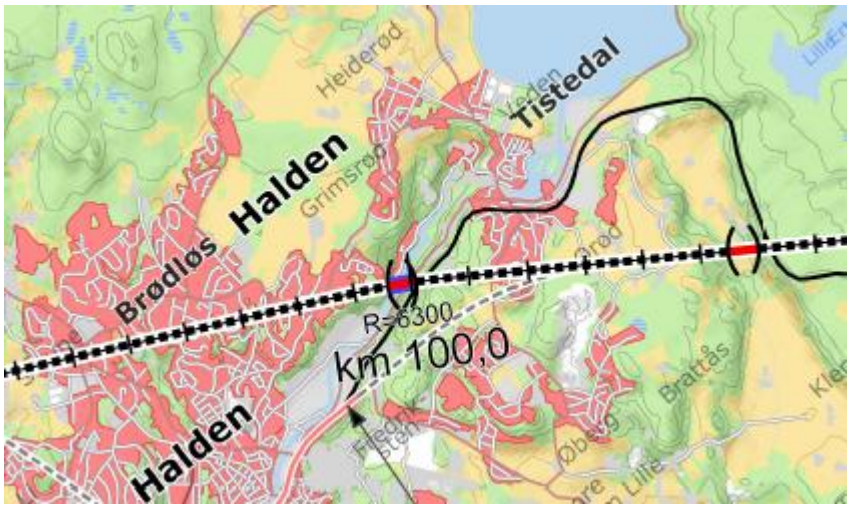
Figur 34: Stationsutformning i Sarpsborg för att klara det regionala trafikupplägget.

Halden

I Halden planeras ingen höghastighetsstation i Jernbaneverkets utredning. Därför är huvudförslaget att Halden inte får en ny station. Istället trafikeras befintlig centralstation av regionaltågsupplägget i Östfold, och kör vidare till Sarpsborg för att där köra upp på höghastighetsbanan upp till Oslo eller ner till Göteborg.

I figur 35 nedan redovisas den föreslagna sträckningen i Sarpsborg. Eftersom COINCO föreslår en bana utan godståg blir det möjligt att hantera större lutningar. Därför kan det bli möjligt att i nästa skede hitta ett nytt stationsläge för höghastighetståg i Halden. Detta förutsätter att stationen kan lokaliseras utanför tunneln då tryckvågsproblematiken annars kan ge hastighetsbegränsningar.

En höghastighetsstation i Halden skulle minska gångtiden för Östfolds regionaltåg med cirka tolv minuter jämfört med befintlig bana. Ett nytt stationsläge skulle även göra det möjligt för de storregionala höghastighetstågen att stanna i Halden.



Figur 35: Jernbaneverkets förslag till passage genom Halden.

Uddevalla

Vid en sträckning genom Bohuslän blir det aktuellt med ett stationsläge i Uddevalla. Eftersom Uddevalla station i dag är lokaliserad i öst-västlig riktning är detta inte ett bra alternativ. Externa stationslägen i Uddevalla blir antingen väster eller öster om staden. Lokaliseras stationen öster om Uddevalla är Öxnered att föredra, därför är den intressantaste placeringen av stationen i Uddevalla ute vid Torp och E6.

För att passera Byfjorden kommer en bro byggas då fjorden är för djup för en tunnel. Detta kommer sannolikt att påverka bebyggelsen på norra eller södra sidan om fjorden.

Öxnered

Stationsläget i Öxnered blir parallellt med befintlig station på den västra sidan. I figur 36 nedan ses den befintliga gångbron över spårområdet på den västra sidan. Denna förlängs över spårområdet där höghastighetsstationen anläggs. Nord väst om befintligt stationsläge finns risk för intrång i ett par fastigheter.

Figur 36: Västra änden av befintlig station i Öxnered.

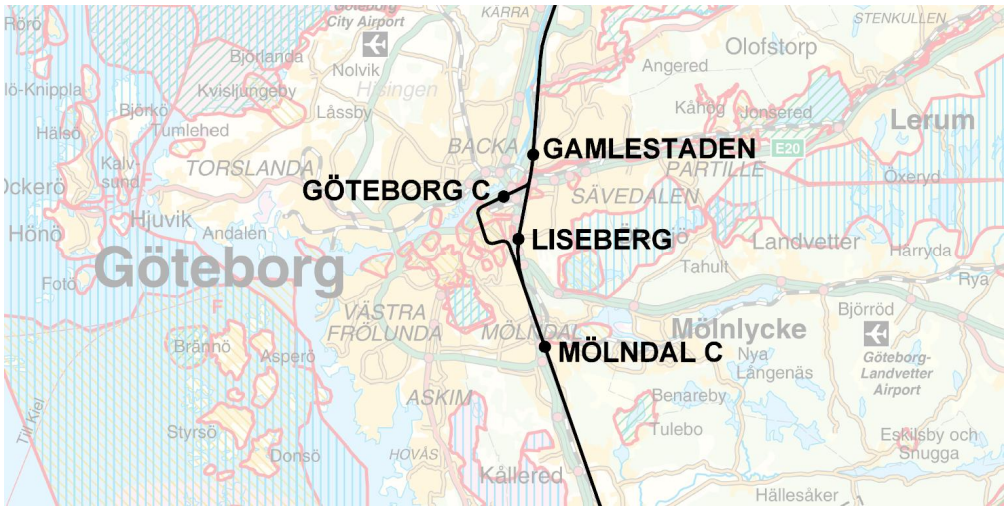
Vid en etapputbyggd banan ner till Öxnered avslutas höghastighetsbanan norr om dagens stationsläge och befintlig station vid Öxnered nyttjas.

Göteborg

I Göteborg antas att tågen går in på Västlänkens stations vid Göteborg C. Detta medför en gångtidsförsämring för genomgående resenärer, men eftersom Göteborg är en av de största stationerna och en stor målpunkt för många resenärer bedöms detta överväga gångtidsförlängningen. En viktig framtidsaspekt är kapacitetsproblemen i Göteborg och Västlänken, även om COINCO-tågen är en mycket liten del av alla tåg som förväntas gå genom tunneln. Genom att effektivisera signaler, optimera uppehållstider och eventuellt bygga ut stationerna till fyra spår bedöms kapacitetsproblemen vara hanterbara.

Figur 37: Västlänken med uppehåll vid Göteborg C.

Det andra alternativet för uppehåll i Göteborg är att tåget kör via Godstågsviadukten genom Gårdatunneln och vidare till Almedal/Mölndal. Möjligt stationsuppehåll i Göteborg kan då vara vid den nya stationen i Gamlestaden, vid Lisebergsstationen som blir ledig efter Västlänkens öppnande eller vid Mölndals station. Samtliga dessa alternativ har sämre tillgänglighet än vad Göteborg C har och gångtidsförbättringen blir några minuter.



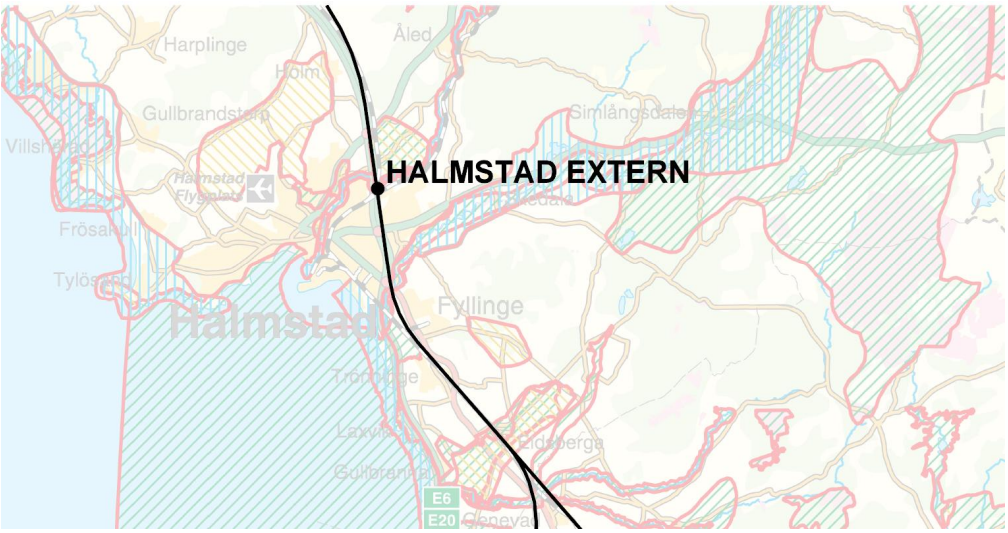
Figur 38: Möjliga statinslägen i Göteborgsområdet.

En nackdel med detta förslag är att godstågsviadukten är enkelspårig och att avgreningen från Nordlänken till Godstågsviadukten kommer att bli i plan efter att Västlänken är färdigbyggd.

Halmstad

I Halmstad planeras det för en kopplingspunkt norr om Halmstad. Det innebär att de storregionala tågen som kommer från Västkustbanan stannar vid Halmstad Central. Norr om Halmstad kör de sedan upp på höghastighetsbanan vidare mot Göteborg.

Om det skulle bli aktuellt att bygga en ny höghastighetsstation i Halmstad lokaliseras den lämpligen ute vid E6 där banan korsar Halmstad - Nässjö banan och Västkustbanan ”Sennan”. Där skulle ett externt stationsläge med bytesmöjlighet vara möjligt att skapa.



Figur 39: Möjlig placering för en extern höghastighetsstation i Halmstad.

Helsingborg

Stationsläget i Helsingborg har sin historia i färjetrafiken över Öresund. Ersätts färjetrafiken av en fast förbindelse minskar betydelsen av stationsläget i Helsingborg. Knutpunkten i Helsingborg är ett mycket effektivt resecentrum. Däremot är det svårt att anlägga en höghastighetsbana med full genomfartshastighet i berget under staden och därför föreslås olika alternativ för Helsingborg beroende på valda sträckningar i Öresundsregionen.

I referensalternativet för trafikeringen antas Helsingborg trafikeras av de storregionala tågen som ankommer via Västkustbanan. I Helsingborg blir det även möjligt för dessa att gå vidare till Helsingör om HH-förbindelse byggs enligt de förslag som finns i IBU-Öresundsutredningen.

Om höghastighetslinjen dras via västra Skåne anläggs en extern station öster om Helsingborg, förslagsvis vid Skånebanan vid lämpligt läge för en nybyggd station. Med denna sträckning kan man även tänka sig en förgrening mot en framtida Helsingborg – Helsingör förbindelse med liknande anslutning som godstrafiken får

österifrån. Nere i berget under Helsingborg kan det då vara möjligt att anlägga en station med lägre hastighetsstandard i öst - västlig riktning.

Tyringe

Vid Tyringe anläggs ingen station. Norr om Tyringe anläggs en kopplingspunkt där banan mot Halmstad förgrenas med Europabanan samt anslutningar till det konventionella järnvägsnätet byggs så att Hässleholm kan nås.

Figur 40: Förgreningspunkt för höghastighetståg väster om Zaragoza i Spanien.

Lund

I Lund antas höghastighetsbanan ansluta till befintlig station vid Lund C. Om banan ansluts norrifrån via samma infart som Södra stambanan har till Lund C antas att höghastighetsspåren kan dras hela vägen ner till Lund likt ett fyrspår. För att klara detta krävs omläggning av befintliga spår på en kortare sträcka och en mindre överdäckning av Västkustbanans planskilda tråg. Längs busssterminalen nord öst om stationsområdet finns utrymme lämnat för ett nytt spår på den sidan av spårområdet.

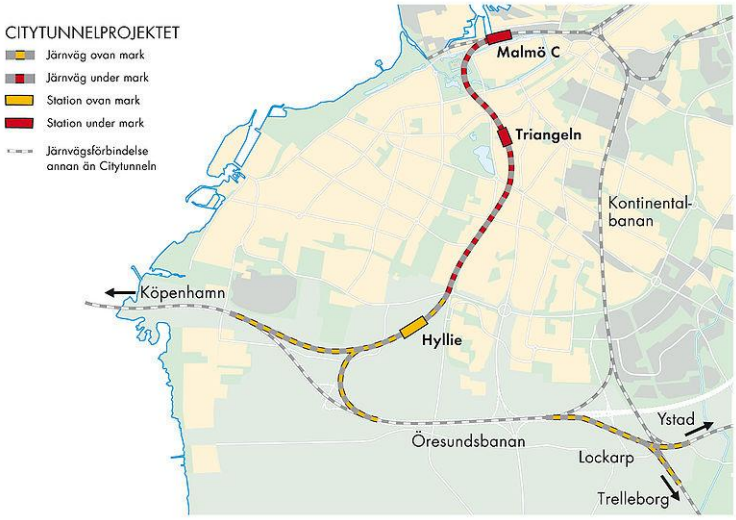
På Lund C skulle ombyggnationen medföra att de yttersta spåren, spår 1 och 6 används för Västkustbanan, spår 2 och 5 för höghastighetsbanan och spår 3 och 4 för Södra stambanan.

Figur 41: Föreslagen fyrspårig infart till Lund C norrifrån längs Södra stambanan i röda linjer.

Söder om Lund C måste fyra spår byggas hela vägen mellan Lund – Malmö och vara färdigbyggt för att inte utgöra en mycket stor kapacitetsbegränsning i trafiksystemet.

Malmö

I Malmö antas Malmö C nedre användas för höghastighetstågen. Stationens plattformar är 360 meter långa uppdelade på två perronglägen med möjlighet för långa tåg att stå över båda sektionerna. Mellan Malmö C och Triangeln är hastigheten 80 km/h och mellan Triangeln och Hyllie 160 km/h. Troligen måste hastigheten begränsas på grund av pendel och regionaltågstrafiken genom citytunneln.

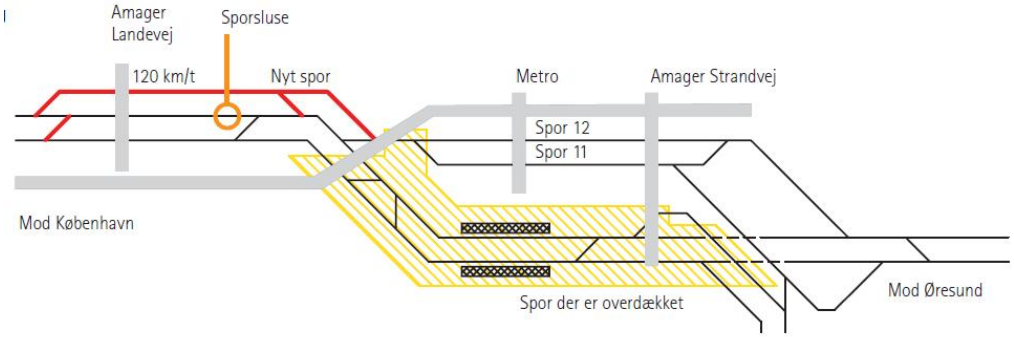


Figur 42: Citytunneln genom Malmö.

Kastrup

Kastrup station har bara två spår i dagsläget. Eftersom många passagerare använder stationen med otympligt bagage blir uppehållstiderna på stationen längre än vad de blir på övriga stationer där regionaltågen gör uppehåll. Godståg går på två yttre spår 11 och 12. Längs godsspåren övervägs det nu att byggas nya plattformar för att utöka stationens kapacitet till totalt fyra spår enligt figuren nedan.

Kastrup befintliga station har plattformar som är 320 meter långa. Detta är sannolikt den kortaste plattformen i höghastighetssystemet och kommer därför dimensionera hur långa höghastighetstågen blir.

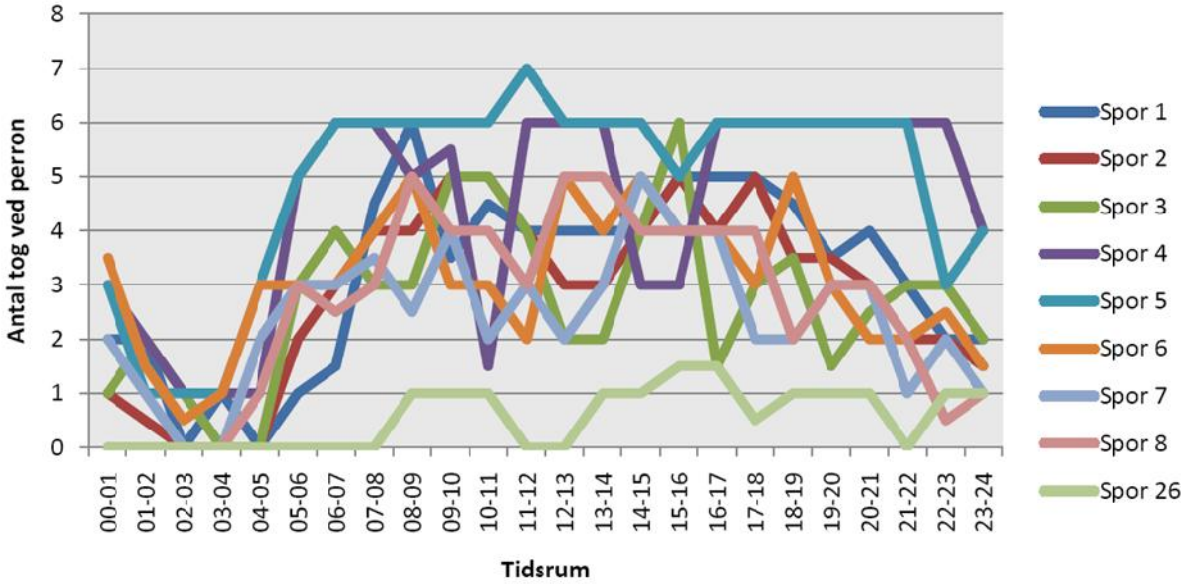


Figur 43: Föreslagen utformning för att öka kapaciteten på Kastrup.

Köpenhamn H

På Köpenhamn H används befintlig station. Troligen går tågen vidare såsom SJ2000 gör i dag genom Boulevardtunneln och vänder sedan efter Österport för att minska belastningen på Hovedbanegården.

I figuren nedan redovisas antalet tåg per spår över dygnet på Köpenhamn H.



Figur 44: Plattformsanvändande över dygnet vid Köpenhamn H.

8.4 Stationsdesign

Eftersom merparten av stationerna i system blir befintliga stationslägen är det än viktigare att tydligt markera vart höghastighetstågen kommer att stanna på perrongen. Nedan är en bild från Japan som visar dörrarnas placering på stationen. För detta krävs att man har dedikerade plattformar för höghastighetståg och en homogen flotta av tåg så att dörrarna är på samma ställe.

Figur 45: Höghastighetsstation längs Tokaido Shinkansen.

8.5 Anslutande konventionella banor

Ski
Norr om stationen vid Ski grenar höghastighetsbanan av från den planerade dubbelspårstunneln Oslo – Ski, detta medför att höghastighetståg kan fortsätta i det konventionella nätet även till andra punkter än Oslo S.

Sarpsborg
I Sarpsborg anläggs en förgreningspunkt till befintlig bana inne på stationen. Vid Sarpsborg är det främst tänkt att regionaltåg till Östfold viker av höghastighetsbanan, delas och fortsätter till Fredrikstad och Halden på det konventionella nätet.

Öxnered
Norr om Öxnered anläggs en kopplingspunkt mellan höghastighetsbanan och det konventionella nätet. Punkten är delvis till för att kunna etapp utbygga höghastighetsprojektet men även för att tåg från Trollhättan skall kunna fortsätta längs höghastighetsbanan och att snabba Karlstad tåg skall kunna gå på höghastighetsbanan upp till Öxnered och därefter fortsätta längs Vänernbanan.

Göteborg
Höghastighetsbanan ansluter till Nordlänken norr om Gamlestaden. Söder om Göteborg börjar höghastighetsbanan i Almedal eller i Mölndal. Eventuellt skulle det vara möjligt att göra en förgrening i Kungsbacka trakten för att avlasta Västkustbanan från snabb regionaltrafik på pendeltågssträckan Göteborg – Kungsbacka.

Halmstad
I Halmstad anläggs en kopplingspunkt norr om Halmstad till Västkustbanan. Detta medför att de stor regionala tågen kan ankomma Halmstad på Västkustbanan och fortsätta längs höghastighetsbanan till Göteborg.

Tyringe
I Tyringe anläggs en förgrening så att det blir möjligt att körs regionaltåg mellan Lund och Hässleholm vägen via Tyringe. På så sätt avlastas Södra stambanan från dess långsammaste tåg.

Lund
I Lund ansluts höghastighetsbanan till Lund C genom att två nya spår dras in till stationen i samma korridor som Södra stambanan.

9. JÄRNVÄGSTEKNIK

9.1 Inledning

Konventionella järnvägar består av ett spår som ligger i en ballastbädd som verkar dränerande och fjädrande. Denna typ av spårkonstruktion fungerar mycket bra i normala hastigheter upp till 250 km/h men aldrig för hastigheter över 320 km/h. Därtill uppstår betydligt högre underhållskostnader för ett ballastspår jämfört med ballastfritt spårsystem.

Eftersom höghastighetsbanan skall kunna trafikeras med högre hastigheter samt att det skall gå snabbt att bygga banan är slab-track (ballastfritt spår) en vanlig konstruktion i t ex Tyskland, Kina och Japan som i praktiken kan tillåta hastigheter på 400-500 km/h. Spårkonstruktionen är dyrare än ballastspår men en livscykel analys inklusive minskat underhåll visar att kostnaderna blir likvärdiga.

När banor byggs för hastigheter över 200 km/h måste banan byggas ”sättningsfri”, d.v.s. med betydligt mindre sättningar än vad som normalt tillåts vid befintliga banor. Detta beror på att toleransen för kortvågiga fel är så liten att banan i praktiken måste förstärkas med påldäck alternativt byggas på bro.

Fördelen med spåret som transportmedel är att det har mycket hög trafiksäkerhet, låg energiförbrukning, hög transportkapacitet och är miljövänligt.

Under 50 år med höghastighetståg i världen har det endast skett två alvarliga olyckor med dödlig utgång i Echede 2003 och i Kina 2011.

Energiförbrukningen är mycket låg och rör sig om 5 kronor el per 10 mil och passagerare och ytterligare 20 kronor för drift av fordon. För drift av höghastighetsbanans infrastruktur är kostnaden 100 kronor per 10 mil. Denna låga transportkostnad 125 kronor per 10 mil och person i självkostnad medför att höghastighetståg är mycket konkurrenskraftiga mot andra transportslag. Motsvarande kostnad för personbil är 400 kr och flyg 125 kr per 10 mil.

Ett höghastighetståg har möjlighet att transportera 1500 personer per tåg med en tidslucka på 5 minuter mellan tågen och har en transportkapacitet på 18 000 personer per timme och riktning. Med denna kapacitet konstateras att ett erforderligt transportbehov är täkt för nästan all framtid.

Höghastighetsbanor är miljövänligare än byggnation av vägar och flygplatser. Dessvärre har vid flera utredningar om höghastighetsbanor särskilt miljödelen påstås vara en dålig affär om man ställer det mot andra miljö investeringar. Projektgruppen anser trots allt att höghastighetsjärnvägar är en miljövänlig investering som främjar människors behov av mobilitet och arbetslivsutveckling

och ekonomisk tillväxt. Vi har även noterat stora brister i de miljökalkyler som tidigare redovisats och kan kraftigt ifrågasättas.

9.2 TSD - Tekniska specifikationer för driftsinteroperabilitet

För att säkerställa internationell tågtrafik har EU ställt upp tekniska specifikationer för driftsinteroperabilitet förkortat TSD och på engelska TSI. En höghastighetsbana mellan tre länder är därför ett högt prioriterat projekt inom EU och att kraven enligt TSD delsystem uppnås.

EU vill bidra med utvecklingen och expansionen av Trans European Network. För att uppnå målen har EU vidtagit nödvändiga åtgärder för att säkerställa att interoperabilitet i det trans europeiska järnvägsystemet genom harmonisering av regler och gemensamma tekniska standarder.

Eftersom de nationella myndigheterna såsom Banedanmark, Jernbaneverket och Trafikverket endast har ett komplett regelverk för lägre hastigheter är det inte lämpligt att följa dessa nationella regler för järnvägsystemet. Därför tillämpas TSD Infrastruktur med tillhörande Europanormer som tar hänsyn för höghastighetsjärnvägar med höga hastigheter över 300 km/h.

Inom järnvägssektorn har EU vidtagit åtgärder genom införandet av direktiv 96/48/EU för interoperabilitet i det Trans Europeiska höghastighetsnätet den 23 juli 1996. Därefter infördes direktiv 2001/164/EU för interoperabilitet av det konventionella järnvägsnätet den 19 mars 2001. Införandet av de båda direktiven garanterar en interoperabilitet och att man införde de tekniska specifikationerna samt nya regler. De båda direktiven har uppdaterats och inför sommaren 2012 kommer de båda TSD:erna för höghastighetsjärnväg och konventionell järnväg att slå samman till en gemensam TSD INF HS/CR.

Det finns en samarbetsorganisation bestående av infrastrukturförvaltare, järnvägsföretag och industrier som heter AEIF - Association Européenne pour l'Interopérabilité. Ansvarig för framtagandet av TSD:er är ERA European Railway Agency. Utvecklingen av TSD:er har resulterat i att applicerbara Europanormer har utvecklats och ska tillämpas om de är preciserade i TSD:n. Det är alltså nödvändigt att följa direktiven och gällande TSD:er för alla järnvägar i respektive länder, även i Norge som har samarbetsavtal med EU.

Det finns ett flertal TSD:er inom olika delsystem såsom infrastruktur, energi, signal, tunnelsäkerhet, tillgänglighet för funktionshindrade personer, lok och passagerarvagnar, telematik applikationer, godsvagnar, tågledning och buller. Höghastighetsbanor delas in i tre kategorier enligt TSD INF HS med benämningen kategori I, kategori II och kategori III.

Kategori I banor är nybyggda höghastighetsbanor för persontrafik med större hastighet än 250 km/h. Kategori II banor är uppgraderade höghastighetsbanor med en hastighet runt 200 km/h. Kategori III banor är uppgraderade

höghastighetslinjer med speciella begränsningar för hastigheter från 160 km/h till 200 km/h.

Alla höghastighetsbanor skall kunna hantera 400 meter långa persontåg (Sverige har ett undantag för minimilängd på 250 meter) med en total vikt av 1000 ton. Högsta hastighet som är specificerad är 350 km/h men det är tillåtet att köra fortare om det är tekniskt möjligt.

En höghastighetsbanan skall uppfylla de minimikriterier som anges i TSD HS INF vilka är följande krav:

TSD INF	Krav	Rekommendation
4.2.2	Nominell spårvidd • 1435 mm	Ja
4.2.3 6.2.6.1	Minsta infrastrukturprofil • GC	Lastprofil C
4.2.4	Minsta spåravstånd • 4,5 meter	Spåravstånd bör utredas för 5,0 meter
4.2.5	Maximala lutningar • 35 promille 6 km • 25 promille 10 km • 2,5 promille stationer	25 promille
4.2.6	Minsta kurvradie • $R_{min} = 11.8 * V^2 / D + I$	R = 7000 meter
4.2.7	Rälsförhöjning • D = 180 mm	D = 150 mm
4.2.8.1	Rälsförhöjningsbrist • I = 80 mm	Ja
4.2.8.2	Plötslig förändring av rälsförhöjningsbrist i avvikande spår i spårväxlar • I = 120 mm sth 30 – 70 km/h • I = 105 mm sth 70 – 170 km/h • I = 85 mm sth 170 – 230 km/h	Ja
4.2.9	Ekvivalent konicitet • 0,10	Ja
4.2.10	Spårlägeskvalitet och gränsvärden för punktfel • Skevning 5 mm/m • Spårvidd 1430 – 1463 mm	Ja
4.2.11 6.2.6.4	Rällutning • 1:20 – 1:40 • Rällutning även i spårväxlar	Utredning 1:40
4.2.12	Spårväxlar och korsningar • Rörlig korsningsspets • Geometriska min mått • Fri hjulpassage 1380 mm • Moträlsavstånd för korsningsspets 1392 mm	Ja

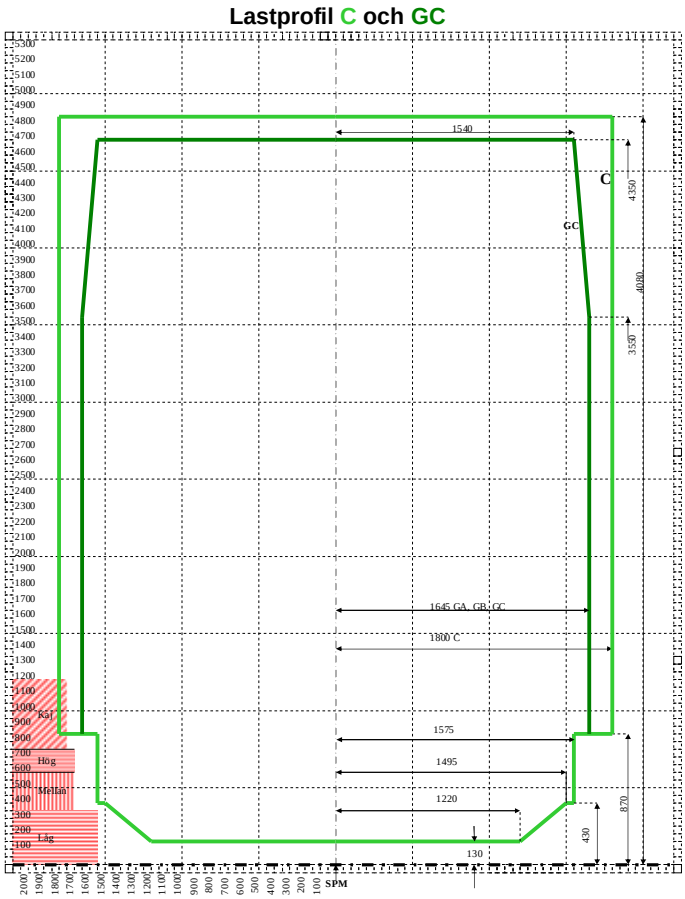
	• Fri hjulpassage i växelkorsningsspetsen 1356 mm • Fri hjulpassage vingräl/moträl 1380 mm • Flänsrännans bredd 38 mm • Korsning ostyrd längd 1:9 • Flänsrännans djup 40 mm • Moträlens höjd rök 70 mm	
4.2.13	Spårets motståndsförmåga • Spårväxlar 225 kN • Spår 160 kN > 300 km/h • Retardation 2,5 m/s^2 • Vid 2/3 broms 105 kN • Full broms 180 kN • Nödbroms 360 kN • Maximal spårförskjutningskraft Y_{lim} = 10 + (P/3) kN • $(Y/Q)_{lim}$ = 0,8	Ja
4.2.14	Trafiklaster på broar • Belastningsmodell 71 EN 1991-2:2003 punkt 6.3.2.2 • Belastningsmodell SW/0 EN 1991-2:2003 punkt 6.3.2.3	Ja
4.2.15	Total spårstyvhet • Krav enligt EN 13481-2:2002 • Mellanläggsplattans dynamiska styvhet 600 MN/m • Elektriskt motstånd 5 kohm befästning och 3 kohm räl	Ja
4.2.16	Största tryckvariation i tunnlar • Högst 10 kPa	Ja, krav trycktäta fordon
4.2.17	Sidvindseffekter • Sidvindsstabilitet måste garanteras	Ja
4.2.18	Strömöverföringsegenskaper • Räl 3 kohm	Ja
4.2.19	Buller och vibrationer • Nationella regler	Lägre buller
4.2.20	Plattformar • Längd minst 400 m (>250 m i Sverige) • Plattformshöjd 550 eller 760 mm (Sveriges undantag kommer att slopas) • Plattformkantens läge 1650 mm • R_{min} = 500 meter	Ja
4.2.21	Brandsäkerhet i tunnlar • Direktiv 89/106/EG	Ja
4.2.22	Tillträde till och intrång i spåranläggning • Inga plankorsningar • Skydd mot människor och djur	Ja
4.2.23	Sidoutrymme för passagerare och tågpersonal vid evakuering av tåg utanför	Ja

	stationen • Skall finnas utmed alla spår	
4.2.24	Avståndsskyltar • Nationella regler	Ja
4.2.25	Uppställningsspår och spår med låg hastighet • Minst 400 metes längd • Lutning högst 2,5 mm/m • R_{min} = 150 meter • S-kurva = 190 meter + 7 meter rakspår emellan • $R_{v\ konvex}$ = 600 meter • $R_{v\ konkav}$ = 900 meter	Ja
4.2.26	Fasta installationer för service av tåg • Toalettömning spåravstånd 6 meter • Rengöring av tåg 2 – 6 km/h • Vattenpåfyllningsutrustning • Sandpåfyllningsutrustning • Bränslepåfyllningsutrustning	Ja
4.2.27	Ballastsprut • Öppen punkt	Val: Slabb-track

Figur 46: TSD minimum krav för höghastighetsbanor.

Nominell spårvidd 1435 mm kallas för normalspår och är den som även finns på det konventionella järnvägsnätet.

Tillåtna lastprofiler är GC-profilen som är något mindre än lastprofil C och större än lastprofil A. Genom att välja lastprofil C blir systemet kompatibelt med det konventionella svenska järnvägsnätet. Lastprofil C fungerar på Öresundsbron och till Köpenhamn (undantag krävs, utretts men ej beslutats).



Figur 47: TSD minimum krav för höghastighetsbanor är lastprofil GC. Sverige har en något större lastprofil C.

Minsta spåravstånd vid dubbelspår är normalt 4,5 meter. I Kina är spåravståndet valt till 5,0 meter och i Spanien 5,70 meter. Spåravståndet skall baseras på de aerodynamiska effekterna som uppstår mellan passerande tåg och bör utredas mer noggrant.

Kraftiga lutningar bör undvikas men t ex vid en eventuell Hallandsåsbro blir det nödvändigt att undersöka lutningen 25 promille på 10 km längd och 35 promille på 6 km längd.

Minsta kurvradie på fri linje bör vara 7000 meter och kan minskas i anslutning till stationerna i förhållande till den faktiska hastigheten som tåget har för uppehåll på stationen. Sänkt standard för passerande tåg bör enbart tillämpas vid stationer där alla tågtyper skall stanna.

Så liten rälsförhöjning som möjligt är viktigt av komfortskäl. Anordnad rälsförhöjning bör högst vara 150 mm så att det överensstämmer med det konventionella nätet. I undantagsfall kan högre rälsförhöjning tillåtas. Rälslutningen skall vara mellan 1:20 till 1:40 med rälsprofil UIC60E1. Om rälslutning 1:40 väljs bör man använda UIC60E2 profil. Rälslutningen 1:40 bör undersökas närmare då det är denna rälslutning som används i Danmark och Norge samt Tyskland. Det är endast i Sverige och i Israel där rälslutning 1:30 används.

Alla spårväxlar för hastighet över 250 km/h skall ha rälsslutning och rörlig korsningsspets.

Höghastighetsbanan bör trafikeras med trycktäta tåg vilket leder till att stora pengar går att spara genom att bygga tunnlarna längs banan mindre.
Regler för sidvind skall upprättas för höghastighetsbanor eftersom det påverkar fordonet negativt och kontaktledningens läge i förhållande till spåret.
Lägre bullernivåer och vibrationer skall eftersträvas. Genom bra utformning av brokonstruktionerna kan väsentlig bullerreducering uppnås vilket tillämpas i Japan. Buller nivåer skall regleras med nationella regler. Men det är allmänt känt att höghastighetståg bullrar mindre än godståg om broelementen utformas så att det kan fånga ljudet mellan hjul och rälerna. Tågens strömavtagare bör utrustas med bullersköldar för att minska bullret från kontaktledningen.

För kategori I banor skall det finnas en evakueringsväg för gående utmed banan i händelse av haveri. Kravet är ytterligare preciserat i TSD Tunnelsäkerhet där minsta gångvägsbredd är 0,75 meter, minsta höjd 2,25 meter och att utrymningsdörrarna minst skall ha en bredd av 1,6 meter och höjden 2,1 meter. Utformningen av brodäcken medger denna funktion.

Ballastsprut undviks om slab-track väljs.

Det ställs strängare krav på spårläget för hastigheter över 200 km/h. För att hålla nere underhållskostnaderna bör banan anläggas med ett ballastfritt spårsystem (slab-track). Ett vanligt ballastspår bör spårriktas två gånger per år om de skall användas som höghastighetsspår vilket är mycket kostsamt med avseende på underhåll. Största tillåtna skevningsfel är 5 mm per meter.

Figur 48: Slab-track, ballastfritt spår för höghastighetsbanor.

9.3 Banteknik

Höghastighetsbanor byggs idag till största delen på brokonstruktioner och med slab-track lösningar i Asien och i markplan med slab-track lösningar i Tyskland och med ballastspår i Frankrike och Spanien.

Slab-track är ett ballastfritt spår där rälerna är fastgjutna eller förankrade i en betongplatta som i sin tur vilar på ett brofundament eller annat markunderlag. Rälerna består av UIC60 profil vilket innebär att rälen väger 60 kilo per meter. Klenare räler är inte möjligt då spänningen i rälsfoten överskrids och detta leder till fotsprickor och utmattning. Med värmebehandlat rälshuvud kommer rälerna på höghastighetsbanan att uppnå en mycket lång livslängd på upp till 60 år. Kravet är att rälerna slipas vart annat år så att räfflor och vågor i rälshuvudet inte växer till och medför stora vibrationer som kan bryta ner brolager och banunderbyggnad.

Rälerna sammanfogas med brännsvetsning vilket gör att svetsarna är lika starka som spåret i övrigt. Termitsvetsning kan användas men bör undvikas då det ger en svagare svetsfog.

Befästningen bör väljas med ankarfästen eftersom skruvad befästning i leder till frostsprängning i betongen och bör undvikas.

Höghastighetsjärnvägar når högre hastigheter med ballastfritt spår. Det har även längre livslängd, bättre komfort genom mindre slitage och bra bärförmåga. Slab-

track erfordrar extremt lite underhåll och därmed erbjuder en tillgänglighet på nästan 100 % under många år. Med beaktande av det låga behovet av underhåll blir dess livskostnad likvärdigt med ett traditionellt helsvetsat ballastspår och inräknat olycksrisker och underhållstid i banan mellan de olika spårsystemen blir slab-track det billigaste spårsystemet.

Slab-track används i Japan, Kina och Tyskland i stor omfattning. Exempel på linjer i Tyskland är mellan Köln – Frankfurt, Berlin – Hannover och Nürnberg – Ingolstadt.

Fördelarna med slab-track är följande:

- Stabilt, hög precision och komfort.
- Ballastfritt spår säkerställer ett permanent stabilt spårläge under lång tid och motstår bättre dynamiska axellaster som uppstår i höga farter.
- Det är möjligt att uppnå millimeter precision och justering av spåret vid monteringstillfället på byggplatsen vilket ger unik komfort och reduktion av dynamiska axellaster som bromsar nedbrytningen av spåret och hjulen på fordonen.
- Lång livslängd och i praktiken nästan underhållsfritt.
- Den tekniska livslängden för spåret beräknas till 60 år om man rälsslipar korrigeringsuppbyggnaden i rälshuvudet. Spåret ger en mycket god ekonomi för tågoperatörerna som får minimalt hjulunderhåll till följd av den jämna ytan på rälshuvudet.
- Optimal drift av höghastighetslinjer

För tågoperatörer ger ett ballastfritt spår ytterligare prestanda höjningar med avseende på rälsförhöjningsbrist och spårstabilitet. Uppfrysningar och solkurvor kan inte uppstå, Slab-track reducerar också kostnader för tunnlar och broar utmed linjen.

Axellasten för höghastighetsbanor regleras i TSD INF och TSD Rullande materiel. För hastigheter upp till 230 km/h tillåts stax 22,5 ton och för hastigheter från 230-250 km/h 18 ton och över 250 km/h 16 ton. De modernaste höghastighetstågen (t ex Shinkansen) har axellaster ner till 11 ton och är en stor del av förklaringen till varför spåret i det närmaste är underhållsfritt.

9.4 Banunderbyggnad

Med ökad hastighet minskar toleransen för kortvågiga fel längs banan (vågor i längsled i spåret). För hastigheter över 200 km/h innebär detta att banan måste byggas med mindre sättningar än vad som normalt tolereras för nybyggd järnväg i Sverige.

För hastigheter omkring 320 km/h är toleransen för fel ca 4 mm för kortvågiga fel och ca 15 mm för längder upp till 180 meter. Detta är mindre än vad det är geotekniskt möjligt att dimensionera utan att bygga banan på påldäck eller bro.

Detta medför att all nybyggd bana måste vara ”sättningsfri” (mycket små sättningar) och befintliga banor för hastigheter upp till 200 km/h kräver sannolikt geoteknisk förstärkning för att höjd hastighet skall vara möjligt.
Detta är den standard som används för byggnation av höghastighetsjärnvägar i Frankrike (RFF/SNCF), Spanien (ADIF) och Korea (KORAIL). I Tyskland där banorna byggs med ballast fria spårsystem måste sättningarna vara mycket små då spårläget med slab-track är svårt att justera. Banorna på bro i Kina och Japan är konstruerade så att bro pelaren är justerbar i höjdled för att i efterhand kunna kompensera för sättningar.

Figur 49: Grundförstärkning med grävpålar för Hokuriku Shinkansen.

Spårgeometri
Linjeföringen byggs upp av spårgeometriska element som består av tre delar, rakspår, övergångskurva och cirkulärkurva. För ett höghasighetsspår är det viktigt att få så långa elementlängder som möjligt och den kortaste tillåtna längden på ett element är upp emot 400 meter.

Om linjeföringen byggs upp av korta element innebär detta att komforten sänks och att det finns risk för åksjuka. Ett bra exempel är korglutningståg som kör på gamla stambanor med korta elementlängder i förhållande till den högre hastigheten.

Eftersom fordonshjulen balanserar på rälshuvudet så måste de fysiska krafterna mellan fordon och bana samverka så att fordonet framförs på ett mjukt och behagligt vis. De få gångerna hjulflänsarna skall styra tåget sker detta i grenspår i spårväxlarna i låga hastigheter. Därför finns det ett regelverk som definierar tillåtna kurvradier i förhållande till hastigheter och vilka spårkrafter man kan tillåta.

Ett ballastspår är lösare och har ett lägre sidomotstånd än slab-track vilket innebär att man kan tillåta större sidokrafter i spåret. Den största fördelen är dock

att solkurvor kan elimineras med slab-track och därmed är en betydande säkerhetsrisk borta.

TSD Infrastruktur höghastighet
EN 13803-1: European Norm, Railway applications - Track alignment design parameters – Track gauges 1435 and wider - Part 1: Characterisation of track geometry

Nationella normer för lägre hastigheter utgivna av Banedanmark BN, Jernbaneverket DN och Trafikverket BVF.

Rälsförhöjning och rälsförhöjningsbrist har ett samband och påverkar de geometriska egenskaperna för cirkulärkurvorna. Det är centrifugalkraften som spåret kan kompensera med rälsförhöjning, en dosering av kurvan och rälsförhöjningsbristen är den kraft som man kan tillåta att ytterhjulet i cirkulärkurvan får trycka mot insidan av rälshuvudet utan att klättring och därmed urspårning kan ske.

Den balanserade rälsförhöjningen beräknas enligt formeln $D_o = 11.8 * V^2 / R$. Där D_o är balanserad rälsförhöjning i mm, V är km/h och R är kurvradien i meter för cirkulärelementet.

För en hastighet av 120 km/h och en kurvradie av 1000 meter blir den balanserade rälsförhöjningen 170 mm. Eftersom tillåten rälsförhöjningsbrist är begränsad till 100 mm och att den anordnade rälsförhöjningen begränsas till 150 mm finns valmöjligheter att välja både rälsförhöjning och rälsförhöjningsbrist. Man kan alltså välja minsta möjliga rälsförhöjning på bekostnad av den största tillåtna rälsförhöjningsbristen 170 – 70 = 100 mm, eller den största tillåtna rälsförhöjningen som leder till en lägre rälsförhöjning 170 – 150 = 20 mm. Normalt skall man aldrig välja de maximala ytterlighetsvärdena utan ligga 30 % ifrån dessa värden. Kompenserar man bort alla sidokrafter finns risk för illamående och därför skall man projektera kurvor så att riktningsförändringen som hjärnan noterar också ledet till en fysisk påverkan av individen genom sidoaccelerationen av kroppen.

Den laterala sidoaccelerationen beräknas $a_q = I * g / e$ där a_q är i m/s², I rälsförhöjningsbrist i mm, g är gravitationskraften 9,81 m/s² och e är axelavståndet mellan rälshuvudmitt 1500 mm.

För bestämning av tillåtna kurvradier kan formeln skrivas om till $R = 11.8 * V^2 / D + I$ där kurvradien R anges i meter, hastigheten V i km/h, anordnad rälsförhöjning D i mm och rälsförhöjningsbristen I i mm.

Begränsningarna i TSD INF HS är alltid de högsta värdena i jämförelse med nationella krav eftersom man tillåter högre spårkrafter i moderna spår tillskillnad från de nationella infrastrukturförvaltarna som ofta har gamla och slitna spår att

skydda. Dessutom saknar de nationella infrastrukturförvaltarna regler för hastigheter över 250 km/h med undantag av Trafikverket.

För mycket höga hastigheter måste den tillåtna anordnade rälsförhöjningen minskas. Ett lämpligt värde är upp till D = 80 mm. För hastigheten 360 km/h med rälsförhöjningen 150 mm och största tillåtna rälsförhöjningsbrist i slab-track 80 mm erhålls kurvradien 6 649 meter som minimum och gärna högre upp till 9 500 meter.

Hastighet km/h	Kurvradie i meter
250	3 206
300	4 617
350	6 649
400	8 209
450	10 389
500	12 826

Figur 50: Samband mellan hastighet och kurvradie för höghastighetsbanor.

Vertikallutningar är vanligtvis ett problem för godståg och därför begränsas lutningarna till 1,25 % på konventionella banor. För höghastighetsbanor kan större lutningar tillåtas på 2,5 % och i vissa fall under kortare sträckor upp till 3,5 %. Lutningar på stationer och uppställningsspår skall undvikas och den största tillåtna lutningen är 0,25 %.

Höjd skillnaden på Hallandsåsen är ungefär 100 meter. Det betyder att med 2,5 % lutning erfordras en lutning med längden 4000 meter och med 3,5 % längden 2857 meter.

Största tillåtna okompenserade sidoacceleration uppstår i spårväxlar med 1,00 m/s² (motsvarar I = 150 mm). Normalt vill man inte överskrida 0,65 m/s² eftersom högre värden påverkar stående passagerare i fordonet.

Rälsförhöjningsöverskott begränsas till E = 100 mm och i undantagsfall 130 mm. Detta påverkar långsamgående tåg såsom godståg på det konventionella nätet. På en höghastighetsbana med dedikerad persontrafik begränsar inte rälsförhöjningsöverskottet utformningen av linjeföringen.

Övergångskurvans längd har stor betydelse för komforten. För att få en komfortabel höghastighetslinje bör godhetstalet ligga mellan 12 – 10. Det förekommer olika gränsvärden enligt följande:

L_{TSD} = 5.5 * V * D / 1000 (förändring = 50 mm/s) EN
L_{max} = 6.0 * V * D / 1000 (förändring = 46 mm/s) JBV, BN, BVF, DB AG
L_{rek} = 10.0 * V * D / 1000 (förändring = 28 mm/s) JBV, BVH, DB AG

För hastigheten 360 km/h och anordnad rälsförhöjning 80 mm bör övergångskurvans längd vara minst 288 meter. Eftersom banan inte skall trafikeras med korglutningståg kan övergångskurvans längd kortas ned med 122 meter. Skall man tillåta korglutningståg på höghastighetsbanan bör övergångskurvans längd motsvara 400 meter.

Längden för rakspår och cirkulärelement varierar något beroende på olika regelverk enligt följande:

$L = 0.40 * V$	DB AG
$L_{max} = 0.50 * V$	ENV, JBV
$L_{rek} = 0.70 * V$	ENV

För 360 km/h bör minsta elementlängder för cirkulärkurvor och rakspårselement vara 252 meter. Om korglutningståg skall trafikera banan är minsta längd 400 meter.

Vertikalradier ansluts mellan plant spår och lutningar och varierar något beroende på olika regelverk enligt följande:

$R_v = 0.35 * V^2$	EN
$R_v = 0.40 * V^2$	JBV, DB AG
$R_v = 0.60 * V^2$	ÖBB

För 360 km/h bör mista vertikalkurvradie vara 51 840 meter.

Korglutningståg regleras inte i TSD och det är olämpligt att köra med korglutningståg i hastigheter över 250 km/h. Därför kommer inte korglutningståg att trafikera höghastighetsbanan mellan Oslo och Köpenhamn.

9.5 Elteknik

Höghastighetsbanor drivs normalt med spänningen 25 kV och frekvensen 50 Hz för kategori I banor och det konventionella nätet i Norge och Sverige drivs med 15 kV och 16,7 Hz. Det är möjligt att köra höghastighetståg med 15 kV och 16,7 Hz vilket är den äldre spänningen som används idag.

Moderna fordon använder båda spänningarna 15 respektive 25 kV och båda frekvenserna 16,7 och 50 Hz. Öresundsbron och Danmark har 25 kV och 50 Hz och spänningen och frekvensen byts vid Lernacken vid en sektioneringspunkt på 400 meter.

Det råder inget tvivel om att höghastighetsbanan mellan Oslo och Köpenhamn till största delen bör drivas med 25 kV och 50 Hz av miljöskäl. Energiförlusterna är betydande i ett 15 kV system samt att omformarstationerna som är extremt dyra inte behövs alls. Därtill är mer kostnaden för fordon att kunna köra på båda

spänningarna minimal. Dagens fordonstillverkare levererar höghastighetsfordon för 25 kV medan det endast är Siemens som tillhandahåller ICE3 tåg för 15 kV. Samtliga tåg som trafikerar både Sverige och Danmark kommer behöva utrustas med teknik både för 25 kV och för 15 kV. Därför finns det ingen anledning att inte bygga höghastighetsbanan med den bästa och modernaste tekniken, d.v.s. 25 kV.

Erforderligt energibehov på höghastighetsbanan skall följa kraven i EN 50388 med avseende på linjehastighet, spänning och tillåten strömstyrka. Idag råder det kraftiga brister i det konventionella elsystemet främst till följd av ökad trafikering men också på grund av ett ålderdomligt distributionssystem av energi till tågen.

Regenerativ bromsning är ett krav som Sverige har motsatt sig för och som leder till att återmatning av ström från fordonen inte är möjlig som då kan återanvändas till andra fordon på linjen. Med 25 kV system möjliggörs återmatning av energi till det allmänna elnätet eller till ett sparat järnvägselnät.

Elmatningen skall kunna utföras med dubbla system så att ström aldrig kan försvinna på en sträcka. Därför ska strömmen kunna omledas förbi en platts med strömavbrott. Detta är mycket enkelt att uppnå genom inkopplingspunkter från det allmänna elnätet med transientfilter.

Elmatningssystemet skall också kunna försörja annan elektrisk utrustning som hör till höghastighetsbanan såsom spårväxlar, detektorer och belysning.

Kontaktledningen är mycket känslig i höga hastigheter och dagens SYT 15/15 på det konventionella nätet är förvisso modern men uppfyller inte fullt ut interoperabilitetskraven för höghastighetståg. Med moderna kontaktledningssystem SYT 30/30 eller SYT 50/50 kan de högsta hastigheterna garanteras. Kontaktledningens systemhöjd ligger på 5300 mm. Lägre höjder ner till 5080 mm kan förekomma om särskilda skäl för detta kan motiveras. Kontaktledningstråden skall uppfylla kraven i EN 50149.

Den statiska kontaktkraften mellan strömavtagare och kontaktledning skall minst vara 70 N men måste utredas för de högsta hastigheterna. TSD Energi reglerar bara kraven upp till 320 km/h men det begränsar inte möjligheterna för högre hastigheter.

Det finns även krav för hur fordonen skall ta mot energi så att strömspikar inte uppstår och att spänningen kan brytas och återstartas under kontrollerade former utan att fordonen tar skada.

9.6 Signalteknik

Moderna höghastighetsbanor har all signalering utmed banan i förarhytten på fordonen. Denna typ av signalering kallas för ERTMS European Railway Management System. Samtliga länder i Europa anpassar även det konventionella järnvägsnätet till denna typ av signalering. Därför är det inte möjligt att välja ett

äldre signalsystem för höghastighetsbanan mellan Oslo och Köpenhamn och det är lämpligt att direkt bygga ERTMS nivå 3.

Utvecklingen av standarder för signalering och ATC (Automatic Train Control) pågår. Det innebär att successivt kommer allt regelverk att landa i ERTMS och ETCS.

GMS-R är ett undersystem till ERTMS som införts till större del och som främst i Bohuslän eventuellt måste kompletteras.

Tågledningssystemet ETCS på höghastighetsbanan kan integreras i det konventionella tågledningssystemet men det finns risker med detta införande av den orsaken att de tre länderna har olika tågledningssystem. Det är även oklart om de nationella tågledningscentralerna har anpassat sig till de grundläggande principerna för ETCS. När det gäller höghastighetslinjer är det viktigt att man har en tågledningscentral som betjänar hela linjen utan gränshinder. Detta beror på att om man i ett land behöver stoppa trafiken omedelbart från ett annat land måste besked om detta lämnas upp till 10 mil ifrån nationsgränsen.

Andra varningssystem som övervakar höghastighetsbanan måste kunna stänga ner trafiken simultant över hela linjen samtidigt vilket ställer mycket höga krav på tågledningscentralen.

Idag är det möjligt att etablera virtuella tågledningscentraler så att trafiken kan styras från olika platser vid olika tillfällen i Oslo, Göteborg, Malmö och Köpenhamn.

Med ERTMS kan alla bromskurvor beräknas av datorn på fordonet. Eventuella ändrade hastighetsgränser på grund av väderförhållanden kan digitalt meddelas till föraren som får order om den nya hastigheten.

Inga baliser eller balismottagare behövs på banor som är utrustade med ERTMS nivå 3. I annat fall kan Euro-baliser användas för nivå 1 och 2. Det kan dock vara så att fordonen skall kunna köra på andra sträckor och då bör de utrustas med ombordsystem för ATC. Väljs ERTMS nivå 3 kan tunnel arean minskas betydligt eftersom det inte finns behov av signalutrustning utanför frirumsprofilen.

Spårledningar som förekommer på konventionella banor förekommer inte på höghastighetslinjer. Däremot kan vissa system överföra information till förarhytten via rälerna om luftburen signalöverföring saknas.

Varje fordon måste utrustas med en STIM enhet som kan hantera de tre ländernas olika kodning av information till förarhytten vilket kan vara en utmaning. Utmaningen ligger främst i att kunna köra mellan de nationella signalsystemens olika mognadsgrad.

9.7 Tunnlar

Andelen tunnlar ökar per kilometer vid byggnation av höghastighetsbanor. Tunnlar behövs för att passera kraftiga höjdvariationer och genom städer där det råder markbrist, under naturreservat eller under vattendrag. Alla tre typer av tunnlar kommer att byggas mellan Oslo och Köpenhamn.

Linjeföringen i tunnlar måste följa samma spårgeometriska krav som höghastighetsbanan i övrigt. Däremot är det viktigt att tunnelrören profil har en lutning åt något håll så att ventilationen av tunneln sker med självdrag samt att fordon enklare kan rulla ur tunneln i händelse av att strömmen brutits.

I huvudsak används två olika byggmetoder vilka är sprängning eller tunnelborrning med tunnelborr maskin, TBM.

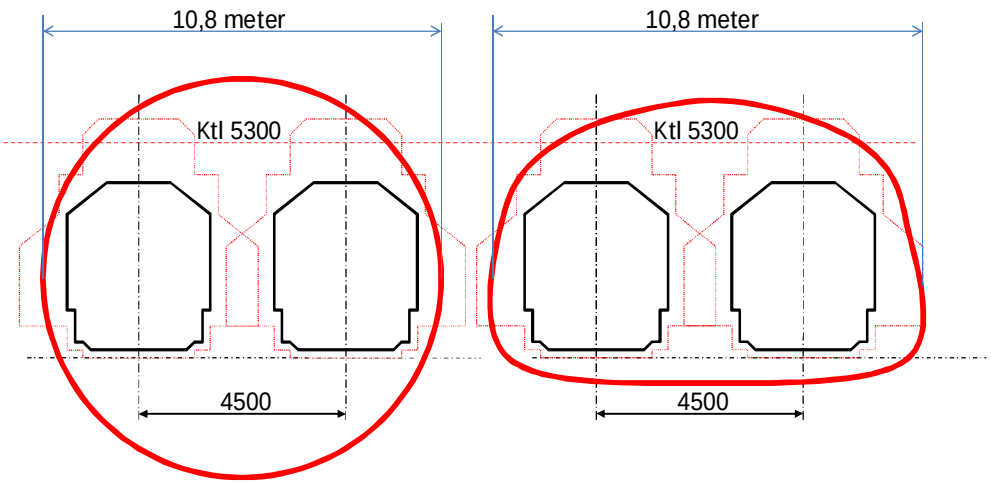
Det är en fördel att anordna slab-track i tunnlar då detta minskar tunnelarean samt behovet av framtida underhållsarbete i spåret.

Tunnlar med dess bärande huvudsystem konstrueras för en teknisk livslängd av 120 år vilket även innefattar komponenter som ankarbultar, avrinningskanaler, lining och membran. Tunnlar tätas mot vatteninträngning och för frost samt för att undvika lågsiktig påverkan på grundvattnet. Vatteninträngningar förhindras genom injicering med cement som tätar vattenförande sprickor och/eller med vattentäta membran. För att förhindra frysning isoleras tunnlarna mot frost. Tillåten vatteninträngning i tunnlar varierar beroende på områdets känslighet. Vatteninträngningen bör understiga 15 liter per minut per 100 meter tunnel.

Tunnlar skall vara utrustade med skyddsutrustning som innebär att hjul, tjuvbroms och värmedetektorer avläser fordonet innan de åker in i tunnlarna. Det skall även vara möjligt att jorda och frånkoppla kontaktledningen på båda sidor om tunnelmynningarna. Mycket av skyddsåtgärderna innefattar även fordonen som skall vara brandklassade.

Viktiga krav finns beskrivna i TSD Tunnelsäkerhet som gäller både för konventionella nätet och höghastighetsnätet.

Det finns i princip två tunnelsektioner som är lämpliga för höghastighetsbanor. Cirkulär form skapad av tunnelborrmaskin eller valvformad tunnel med mer eller mindre plan botten som är den vanliga formen vid konventionell sprängning se figuren nedan.



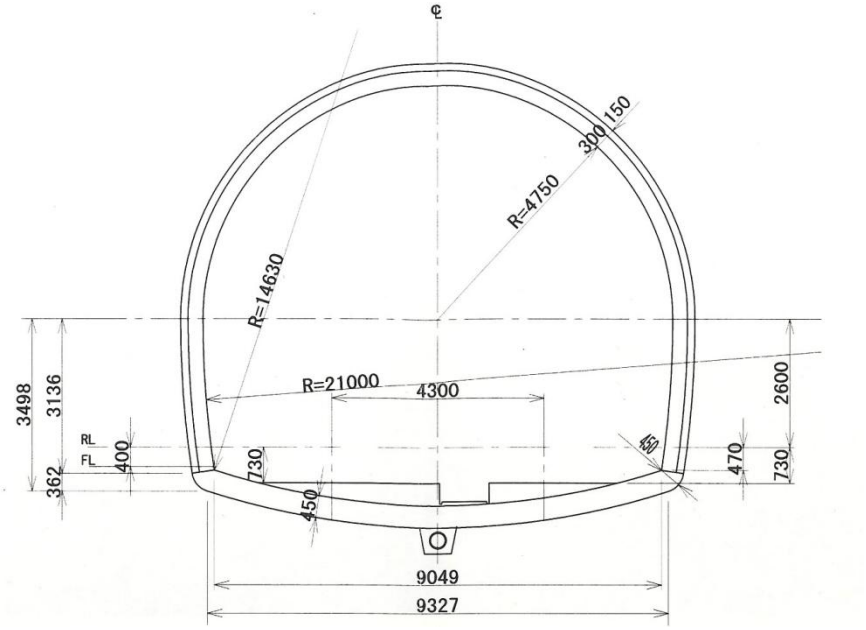
Figur 51. Tunneltvärsektioner, cirkelformad och hästskoform dubbelspårstunnel.

Dubbelspårstunneln har en diameter på 10,8 meter och kan ha en cirkulär form eller hästskoformad med plan botten.

Tunneltvärsektionen area påverkar olika faktorer såsom luftmotstånd, energi konsumtion för fordonen, komfort/tryckvariationer, säkerhet och kostnad. En större tunneltvärsektion ökar kostnaderna men minskar luftmotstånd, energikonsumtion och trycknivåer. Borrade tunnlar ger slätare tunnelväggar än sprängda tunnlar. Sprängda och borrade tunnlar kan även kläs in med släta betongelement eller betongkonstruktioner.

Extra utrymme behövs för säkerhetsutrustning och för evakuering av passagerare vid olycka i tunneln. Där finns funktioner såsom gångväg, ledstänger, belysning, nödventilation, vindriktningsmätare med mera som påverkar säkerheten i tunneln. Det kan innebära att man anordnar en räddningstunnel parallellt med järnvägstunneln med evakueringstunnlar var 500 meter.

I Japan valde man att minimera totalkostnaden i Shinkansen-systemet genom att optimera tunnelsektionen och tåg tillsammans. Detta innebär att man har krav på tryckträghet i tågen för att hantera tryckvågen när höghastighetståg möts i tunneln. Tunnel arean som valts för dubbelspåriga tunnlar är 63 m^2.

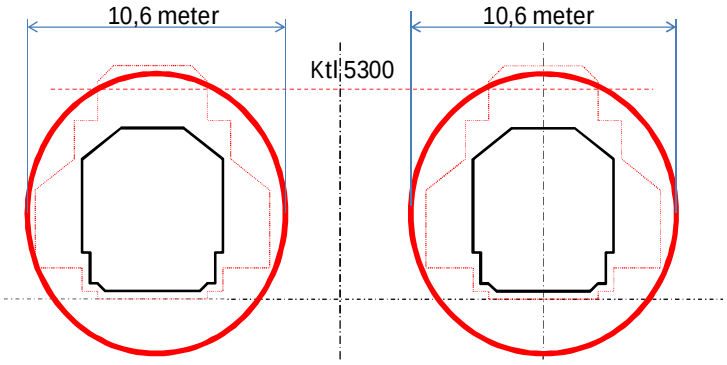


Figur 52: Tvärsektion (63 m² area) för höghastighetstunnel i Japan, Shinkansen.

Vid val av enkelspåriga tunnlar används det andra tunnelröret för evakuering vid olycka. Enkelspårstunnlar förbinds med evakueringstunnlar var 500 meter. Anslutningsgångarna används även som extra utrymme för säkerhetsutrustning. Denna typ av tunnel är av samma modell som Hallandsåstunneln som öppnar 2016.

Generellt önskar man en tunneltvärsektion med area 65 m². Om man väljer två enkelspårstunnlar ökar tunneltvärsektionens area betydligt mer än om man väljer dubbelspårstunnel.

Man kan även välja olika kombinationer av duplex-tunnlar det vill säga en kombinerad väg och järnvägstunnel i samma tvärsektion vilket ger dramatiskt förbättrad tunnelekonomi.

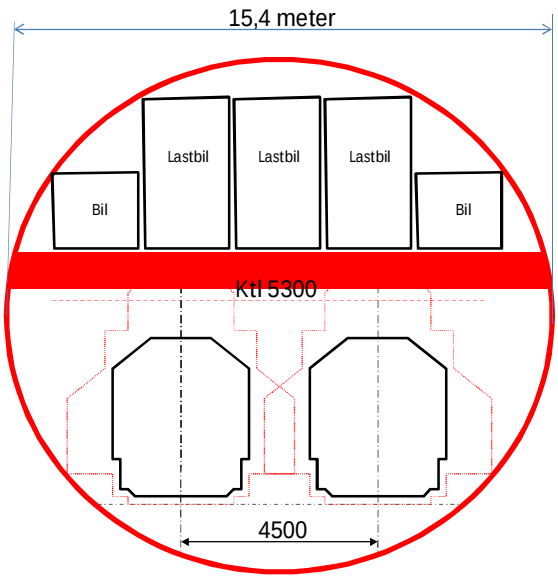


Figur 53. Tvärsektioner. Enkelspårstunnel.

Figuren ovan visar två enkelspårstunnlar med två tunnelrör med vardera 10,6 meter i diameter vilket kan jämföras med dubbelspårstunneln på 10,8 meter i diameter figur 51.

Man kan även välja olika kombinationer av duplex-tunnlar, det vill säga en kombinerad väg- och järnvägstunnel i samma tvärsektion, vilket ger drastiskt förbättrad tunnelekonomi.

Duplex-tunnlar förekommer mer och mer i tätbefolkade städer och har mycket stor potential. Duplex-tunnlar har tvärsnitt med 15,5 meter i diameter. Denna tunnelmodell är lämplig under Öresund eller om man vill bygga tunnel genom Göteborg eller Lund som exempel.



Figur 54. Duplex-tunnel. Järnväg i botten och väg på toppen i tunnelröret.

Vilket minsta avstånd man måste välja mellan två enkelspårstunnlar i berg är beroende av geologiska förutsättningar, drivningssätt och förstärkningsinsats. Spåravståndet mellan tunnelrören kan vara upp till 25 meter vilket ger 15 meter mellan tunnelrören. Detta skapar mycket markområde mellan spåren som inte kan användas på ett bra sätt eftersom åtkomsten är begränsad på grund av höghastighetsspåret på båda sidor om marken.

Att anordna dubbelspårstunnlar innebär en betydligt effektivare markanvändning och kostnadsreduktioner även om parallella räddningstunnlar behövs byggas vid sidan om dubbelspårstunneln.

Om det finns behov av en kombinerad väg- och järnvägstunnel, så kallad duplextunnel, är det väldigt kostnadseffektivt eftersom räddningstunneln är antingen på vägplanet eller på järnvägsplanet. Evakuering sker med trappor i luftslussar var 200 meter.

Tryckvågor i tunnlar skapar problem för resenärer om de färdas i icke trycktäta vagnar. Det innebär att det slår lock för öronen på passagerarna och detta kan upplevas som obehagligt i tåg men acceptabelt i flygplan. Bästa sättet att undvika problemet är att använda trycktäta fordon i tunnlarna.

Tunnelkapaciteten är av betydelse för val av tunneltyp. Erfordras hög kapacitet är duplextunnel den mest kostnadseffektiva tunneln att bygga.

Tunneltyp	Väg-kapacitet	Järnvägs-kapacitet	Tunnelarea m^2	Kapacitets-kostnad
Enkeltunnel väg	1800	0	38,5	111 kr/enhet
Enkeltunnel järnväg	0	12000	78,5	17 kr/enhet
Två enkeltunnlar väg	3600	0	77,0	111 kr/enhet
Två enkeltunnlar järnväg	0	24000	157,0	17 kr/enhet
Bred enkeltunnel standard väg	3600	0	113,0	56 kr/enhet
Bred enkeltunnel järnväg	0	24000	113,0	8 kr/enhet
Dubbelspårstunnel höghastighetståg	0	24000	96,1	7 kr/enhet
Duplex tunnel väg/järnväg	7200	24000	176,6	7 kr/enhet*
Duplex tunnel väg/väg	10800	0	88,2	20 kr/enhet
Duplextunnel järnväg/ metro	0	48000	176,6	5 kr/enhet

*Figur 55. Tabell för tunneltyper och dess enhetskostnad. * Snittpris båda trafikslagen (väg 30 kr/enhet och järnväg 5 kr/enhet)*

Det framgår av tabellen ovan att järnvägstunnlar alltid är mer kostnadseffektiva än vägtunnlar och att en kombination med duplextunnlar är den effektivaste tunnellösningen för båda trafikslagen.

För COINCO kan man tänka sig duplextunnlar genom Göteborg, Helsingborg – Helsingör, Lund och Köpenhamn.

9.8 Broar

Höghastighetsbanan kommer att förläggas på bro på större delen av sträckan mellan Oslo och Köpenhamn. Orsaken är att det går betydligt snabbare att bygga banan och att kostnaden är likvärdig med en markförlagd bana.

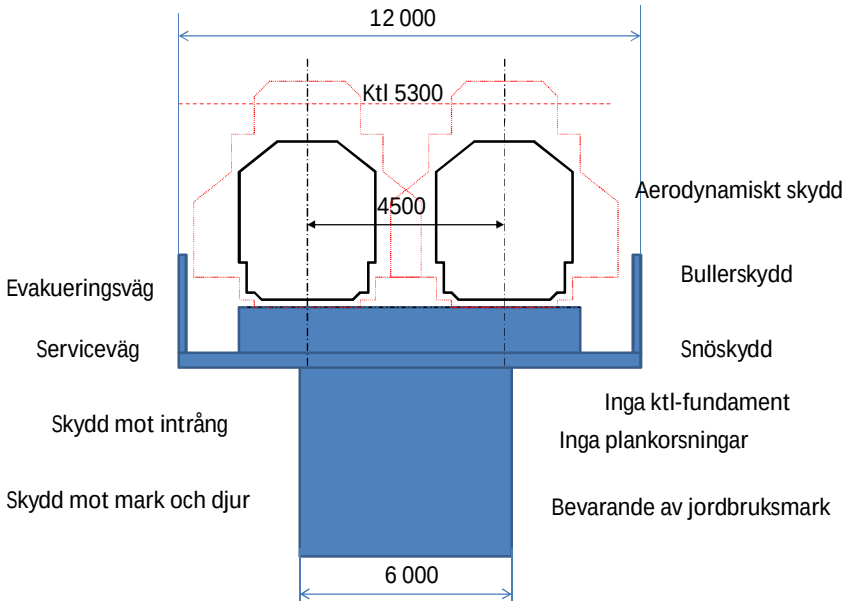
Man kan dela in broar efter dess brospannlängd. Klass 1 kortare än 50 meter vilket är den vanligaste typen av brolängder. Klass 2 med spannlängd 50 – 100 meter, klass 3 över 100 meter och klass 4 specialbroar. Öresundsbron (duplexbro) är en klass 4 bro med spannlängd 400 meter.

Broar behövs för att passera över kraftiga höjder eller sänkor såsom dalgångar, mark med dålig bärighet, lermark, floder och åar. Plankorningar med vägnätet byggs bort med vägbroar eller järnvägsbroar. En vägbro går över järnvägen och en järnvägsbro går över vägen.

Den vanligaste brotypen är armerade och förspända betongbroar som kan prefabriceras, glidformgjutas eller stöpas i broformar. Stålbroar kan förekomma som fackverkskonstruktioner eller som balansbroar med mycket långa spann.

Huvuddelen av banan kommer att vila på dubbelspåriga broelement med längden 20 meter med vikten 900 ton per broelement. Utformningen av broelementet kan lösa många speciella krav som järnvägen måste uppfylla såsom:

- Eliminering av banvall
- Bullerdämpning
- Evakueringsväg
- Snöskydd
- Sidvindseffekter
- Plankorsningar
- Intrång i järnvägsanläggning
- Serviceväg
- Slab-track
- Inga kontaktledningsfundament behövs
- Skydd av känslig mark och djurliv
- Effektiv användning av mark
- Bevarande av jordbruksmark



Figur 56. Brofunktioner.

Bron ersätter banvallen vilket ger stor mark och kostnadsbesparing. Tillskillnad från en banvall ökar kostnaden exponentiellt med höjden på banvallen och behovet av mark. En banvall för dubbelspår är 12 meter bred upptill och med höjden 3 meter blir basen 21 meter eller 21 m^2/m. Bron på samma höjd tar bara 12 m^2/m och i markplanet endast 0,6 m^2/m.

Bullerdämpning kan enkelt anordnas eftersom broräcken behövs på bron och då kan detta utformas som ett bullerskydd. Bullerskyddet kan även utgöra sidvindsskydd på känsliga ställen utmed banan samtidigt som det utgör ett intrångsskydd mot järnvägen.

Evakueringsvägen på båda sidor om spåret kan utformas direkt på brodäcket och samtidigt användas som serviceväg för mindre arbetsmaskiner.

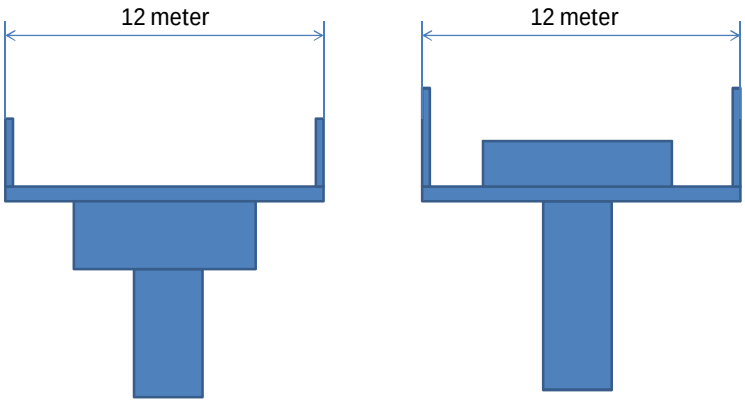
Genom att höja upp mittenpartiet på bron kan snöskydd av banan enkelt anordnas då snön kan falla ner på evakueringsvägen istället för på spåret.

Plankorsningar undviks helt med människor, djur och bilar.

Det är mycket enkelt att anordna slab-track på bron samt att det inte behövs kontaktledningsfundament.

Därutöver skyddas marken mycket effektivt så att jordbruksmark kan bibehållas, skyddsvärd mark kan bevaras och vilda djur kan passera utan kollisioner med tåget.

Det innebär även att barriäreffekter av järnvägen i det närmaste inte uppstår. Visuellt påverkas landskapet dock av en brokonstruktion.



Figur 57. Principkonstruktion broelement.

Några speciella broar kommer att behövas utmed höghastighetsbanan och några exempel är:

- Bron över Svinesund
- Bron över Göta älv med fartygstrafik
- Eventuell bron över Hallandsåsen

Figur 58. Brokonstruktioner.

9.9 Driftsäkerhet

Även om höghastighetsbanan har en mycket hög driftsäkerhet finns det situationer då hastigheten måste reduceras eller trafiken stoppas.

Hastiga väderförändringar är en orsak till problem under vintern. Det innebär att det kan falla mycket stora snömängder under kort tid. Det är än värre med hastiga temperaturförändringar från kallt till varmt i kombination med regn. Detta kan smälta stora snömängder som kan orsaka att banvallen blir vattenmättad med reducerad bärighet som i sin tur genererar ett dåligt spårläge i ballasterat spår. Uppstår det isproppar i dräneringssystemet kan hela banvallar spolas bort på ett ögonblick eller leda till översvämningar. Finns träd och buskar i närheten av spåret kan våt snö som är tyngre än torr snö böja ner grenar som kan kortsluta kontaktledningen.

Långvarigt snöfall i flera dagar kan vara ett problem eftersom det kan vara svårt att mobilisera resurser för kontinuerlig snöröjning av höghastighetslinjen. Å andra sidan är den bästa snöröjningen de snabba tågen som blåser bort snön från banan om den inte packas i bergsskärningar. Snö kan även påverka fordonens bromssystem och medför att bromssträckan fördubblas i längd. För att undvika

problemen bör moderna höghastighetståg ha eluppvärmda komponenter som förhindrar isbildning och skyddsplåtas så att isuppbyggnad inte kan ske.

Åska kan leda till blixtnedslag och kortslutning av elsystemet på höghastighetsbanan. Därför är det viktigt att jordning så lågt det är möjligt genomförs och att tåg som blir stående kan detekteras på linjen.

Kastvindar är mycket farliga och kan leda till urspårning. Problemet ökar med högre hastigheter och vid vissa vindriktningar kan tåget lyftas av spåret. Av detta skär kan det vid vissa terrängförhållanden vara nödvändigt med vindskydd av olika slag eller sensorer som kan sänka hastigheten förbi det känsliga terrängområdet.

Ballastsprut är ett problem som kan leda till stor skada och dödsfall för personer som träffas av ballast på stationer, skada anläggningar och bostäder utmed spåret och krossa fönster på passerande tåg. Om det är ett problem måste hastigheten sänkas till 140 km/h. Två mekanismer möjliggör flygande ballast. Ballasten kan kastas upp av fallande is klumpar från tåget eller sugas upp av vakuum som bildas under tåget av dess aerodynamiska utformning. Ballastsprut är huvudorsaken till att höghastighetståg i Tyskland och Frankrike framförs med reducerad hastighet under vintern.

De flesta problemen kan minimeras och många problem upphör helt med slab-track som läggs upp på brokonstruktioner. Därför är det viktigt att brodesignen kan hantera främst snö och buller samt utgöra evakueringsväg samtidigt.

10. BYGGNATIONSTEKNIK

10.1 Traditionell byggnadsmetod

Att bygga ett traditionellt dubbelspår är mycket tidsödande och dyrt. Varje spårmeter kostar ungefär 40 000 kronor per spårmeter och vid dåliga markförhållanden ända upp till 200 000 kronor per spårmeter (Nordlänken).

Om slab-track anordnas ställs höga krav på totalt frostfri mark vilket innebär att fyllandsmateriel ned till minst 2 meter under banvallen måste bytas ut till frostpassivt materiel.

Markbehovet är mycket stort för banvallen och för en 3 meter hög banvall erfordras det en basbredd på 21 meter. För en sträcka på 60 mil erfordras det 12 miljoner m^2 mark. Massvolymerna ligger på 49,5 m^3 per meter eller 30 miljoner m^3 massor med vikten 60 miljoner ton (motsvarar 1,5 miljoner lastbilar).

Översta lagret är ballastbädd med sliper, räl och befästning måste vara dränerande. Under ballastbädden ligger ett förstärkningslager och ytterligare ett frostisoleringslager på minst 0,5 meter och upp till 1,5 meter beroende på klimatzon.

Under frostisoleringslagret ligger bankfyllnad på i genomsnitt 2 meter med tillhörande tvärkanalisationer för dräneringssystemet.

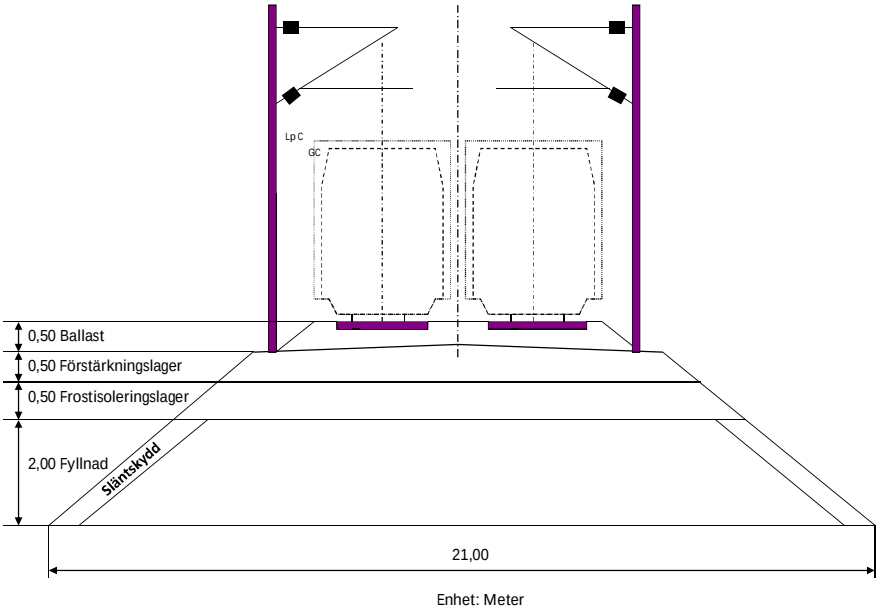
Frostpassivt material måste påföras banvallens sidor så att inte köld tänger in och orsakar uppfrysningar av spåret som leder till skevningsfel och urspårningar.

Om markförhållandena är dåliga för banvallen måste markberedningsarbeten göras med exempelvis kalkcementpelare vilket påverkar byggkostnaden mycket.

Byggnationen sker i omvänd ordning med markberedningsarbeten om det erfordras, därefter bankfyllnad, frostisoleringslager, förstärkningslager och ballastbädd.

Den vanligaste orsaken till kostnadsfördyringar i järnvägsprojekt är att man underskattat de massor som skall flyttas runt för att lägga ut en ny banvall. Ofta skall material flyttas mellan skärningar och dalar så att en god profilgeometri uppnås.

Utöver banvallen tillkommer broar för planskildheter och tunnlar genom större höjdvariationer i terrängen eller under vatten.



Figur 59: Traditionell banvallskonstruktion.

För en höghastighetsbana är horisontalgeometrin betydligt stelare än för en konventionell järnväg vilket leder till att banvallen generellt blir högre än för en konventionell järnväg som bättre kan följa topografin. För plangeometrin är det motsatsen att en höghastighetsjärnväg snabbare kan anpassa sig till topografin.

Kapaciteten i Sverige att bygga denna typ av järnvägskonstruktion är cirka 1 mil per år vilket skulle innebära en färdigställandetid på 60 år mellan Oslo och Köpenhamn.

10.2 Modern byggnadsmetod

Moderna höghastighetsbanor förläggs på broar till största delen då det ger betydligt rationellare byggmetoder på kortare tid. Man börjar med att placera ut bropelare var 20 meter som kräver ett markutrymme på 12 m^2 var 20 meter vilket ger 0,6 m^2 mark per meter. Att bygga 60 mil höghastighetsbana kommer då att kräva en markyta på 360 000 m^2 vilket motsvarar endast 3 % av markytan för en konventionell järnväg.

Brofundamenten byggs antingen som prefabricerade element om 20 meter eller kontinuerlig glidformgjutning eller med färdiga formar. Vikten är 900 ton per 20 meter eller 45 ton/m vilket är halva vikten mot den traditionella banvallen. Det behövs grovt räknat 30 000 broelement motsvarande 27 miljoner ton betong (675 000 lastbilar).

Det betyder att med modern byggnadsteknik halveras alla transporter och massor som skall förflyttas.

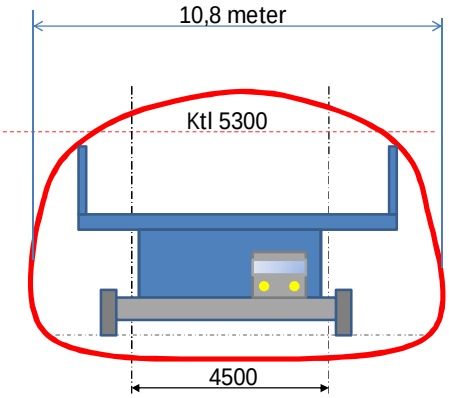
Att montera ett broelement tar ungefär 60 minuter och med 6 fronter skulle varje enhet hantera 5 000 broelement fördelat på 4 år motsvara 5 broelement per dag. Broelementen tillverkas i närheten av bansträckningen och körs sedan med brolastbil ut på den befintliga höghastighetsbanan och lastas ut över kanten till nästa bropelare såsom bilden visar nedan.

Figur 60: Modern byggmetod av höghastighetsbana i Kina.

Figur 61: Utbyggnad av bro för Shinkansen, Hokuriku Shinkansen i Japan.

Figur 62: Överbyggnad med de för Japan karakteristiska runda fästpunkterna för slab-track.

Vid passage genom tunnlar med broelementet görs genom att tunnlarna är valvformade så att brodäcket kan passera genom tunnelröret.



Figur 63: Transport av brofundament genom tunnel.

Att bygga enkelspårstunnlar av modell Hallandsåstunneln fördyrar höghastighetsbanorna helt i onödan då denna typ av tunnel endast är nödvändig på längden över 20 km. Anledningen till detta är att brandskyddet ligger i

fordonen och att dessa trots stora skador eller brand skall kunna köra vidare i minst 80 km/h i 15 minuter, kategori B fordon.

10.3 Vinterklimat

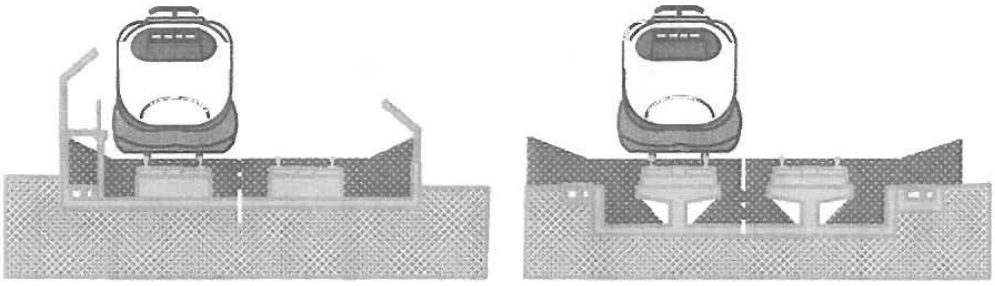
Till skillnad från nästan alla andra höghastighetsbanor i världen så kommer COINCO-korridoren att utsättas för relativt sätt mycket snö vintertid. Därför är det av största vikt att bygga banan på så sätt att snö inte medför trafikkaos eller sänkta hastigheter.

Japan är det enda landet med höghastighetståg där man byggt in system för att snösäkra banan. I delar av landet där Shinkansen går har man årliga snömängder på över 5 meter vilket är betydligt mer än vad som fås på sträckan mellan Oslo och Köpenhamn årligen.

Figur 64: Snö vid stationen Muikamachi i norra Japan.

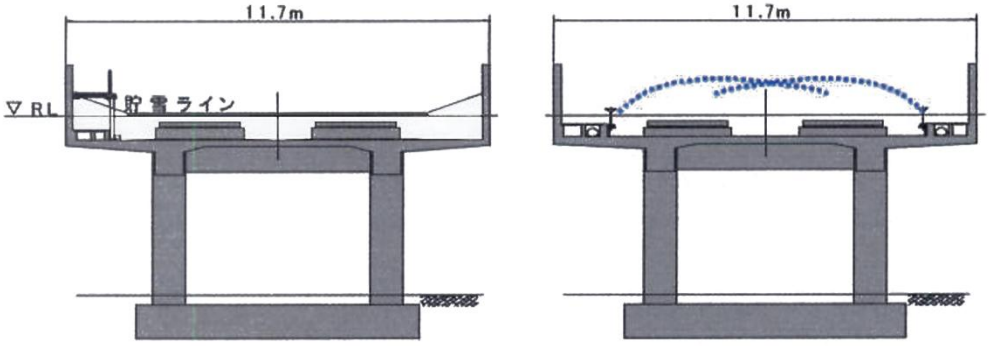
För att hantera de stora snömängderna har man stora fördelar av att banan är helt byggd på bro då detta gör att man inte får problem med snödrev.

Man har även konstruerat överbyggnaden på bron så att infrastrukturen och tågen kan hantera stora snömängder enbart genom passiva system. Varje Shinkansen-tåg är utrustat med en liten plog i fören som puttar snö från slab-track-konstruktionen ner i det utrymme som finns mellan spåren för snölagring. Systemet medför att man kan klara snömängder på 1-1,5 meter utan att behöva sänka hastigheten på banan.



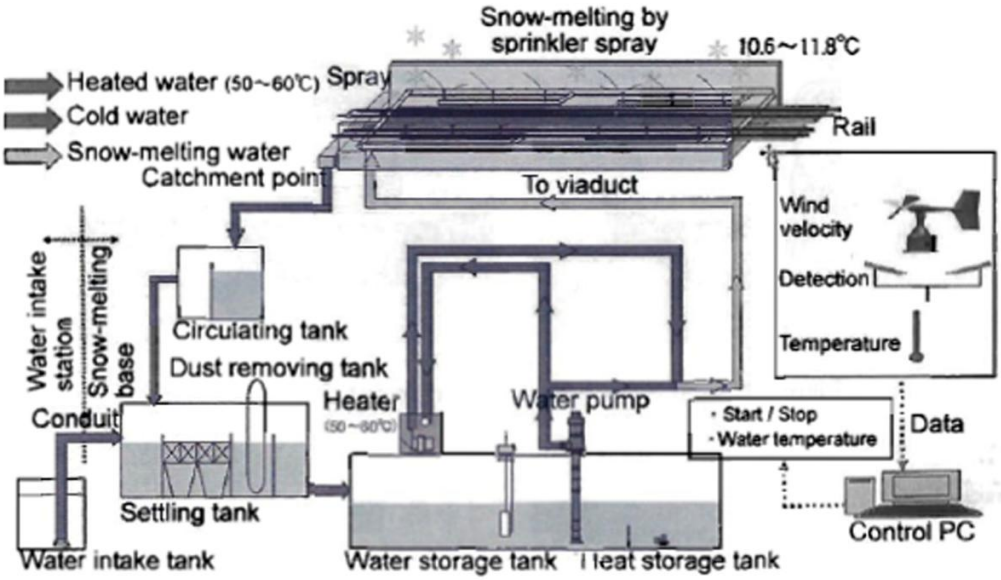
Figur 65: Inbyggt system för snölagring i Shinkansen, med och utan bullerskärmar.

För att avisa tågen i farten har man byggt varmvattensprinklers på strategiska ställen längs banan. Varmvattensprinklers duschar tågen när de kör förbi. På detta sätt slipper tågen bli nedisade med risk för krångel.



Figur 66: Sprinklersystem på viadukt, det normala byggnadssättet för nya banor i Japan.

För att hantera varmvattensprinklers på otillgängliga ställen har man en konstruktion som med hjälp av olja värmer vatten och driver sprinklers. Konstruktionen klarar kontinuerlig drift i 7 dygn utan påfyllning.



Figur 67: Flödesschema över sprinklersystemets uppbyggnad.

Även om Shinkansen-tågen är optimerade för stora mängder snö och helt släta undertill använder man sig av system där tågen duschas på undersidan (ladder track) med varmvatten, för att minimera risken att snö fastnar eller att snöklumpar faller ner från tågen i växlar.

Figur 68: Ladder track med varmvattensprinkler på Hokuhoku line vid Tokamachi.

Eftersom det finns risk att snö och is ramlar ner i växlar och stör driften har man utrustat växlar i snörika områden med system för hetvattenspolning. På detta sätt försvinner snö och is snabbt från växeln och minimerar risken för driftsstörningar.

Figur 69: Högtryckssspolning med hetvatten i växel.

11. STATISTIK

11.1 Punktlighet

I projektet Integrerade Separerade Tågsystem (Deluppdrag Trafikverkets Kapacitetsutredning) utreddes frågan om punktlighet för olika höghastighetssystem, och graden av integrering med det övriga järnvägssystemet. Nedan följer en kort beskrivning av några av världens höghastighetssystem:

Tyskland	I Tyskland har man valt att enbart bygga ett antal länkar med höghastighetsstandard. Samtliga höghastigetslinjer utgår från det konventionella nätet vid de större stationerna och noderna. Systemet är därför att betrakta som integrerat med det övriga järnvägsnätet. På vissa sträckor körs även andra tåg än höghastighetståg, t ex godståg nattetid.
Frankrike/Italien	I Frankrike (och Italien) har man byggt ett separerat höghastighetssystem där enbart höghastighetståg tillåts trafikera höghastighetsbanorna. Från höghastighetssystemet finns ett stort antal kopplingspunkter till det omkringliggande konventionella nätet. Trafikuppläggen innebär att tågen går en längre sträcka på höghastighetsnätet för att därefter köra vidare på det konventionella nätet. Inga linjer kör fram och tillbaks mellan nätet.
Spanien	I Spanien har man byggt ett helt separerat tågsystem med normal spårbredd tillskillnad från den bredspåriga standard övriga tåg har. Detta medför att höghastighetsnätet är helt separerat från det konventionella nätet. På några enstaka platser har man ett fåtal tåg som kan växla spårbredd och kör mellan systemen. Till antalet är detta mycket få tåg.
Japan	I Japan är Shinkansen ett helt eget system med normal spårbredd jämfört med de smalspår man annars använder sig av. Det finns inga kopplingspunkter och inga andra tåg som trafikerar höghastighetsbanan. Alla tåg på banan har förhållandevis likvärdig prestanda men olika stoppmönster. Flygande förbigångar mellan stationer är mycket vanligt, och systemet trafikeras av fler tåg än vad övriga höghastighetsbanor i världen gör. Punktligheten i systemet är enormt hög. Som exempel kan nämnas att under 3 år har Tokaido Shinkansen 340 000 avgångar. På den tiden inträffar 1 fel som orsakar stopp på linjen.

Jämförelse mellan olika höghastighetssystem i världen baserat på hur integrerade och separerade de är.

System	Land	Punktlighet	Tåg	Resrelationer	Avstånd i km	Medel-hastighet	Medel-restid	Max-hastighet	Kortast restid	Utbud (dtr)
Integrerat	Sverige	77,0%	X2000	Stockholm-Göteborg	455	165	03:00	200	02:45	16
	Tyskland	79,0%	ICE	Köln-Frankfurt	180	171	01:15	300	01:03	21
	USA	77,0%	Acela	New York-Washington	362	129	02:45	241	02:42	14
Separerat och integrerat*	Frankrike	92,5%	TGV	Paris-Strasbourg	475	208	02:20	300	02:14	16
		92,5%	TGV	Paris-Lyon	409	210	02:00	300	01:57	24
	Italien	87,0%	Eurostar	Rom-Milano	632	212	03:30	300	02:59	27
Separerat	Spanien**	98,5%	Renfe	Madrid-Sevilla	471	202	02:35	300	02:20	23
		98,5%	Renfe	Madrid-Barcelona	621	236	03:20	300	02:38	26
	Japan	99,0%	Shinkansen	Tokyo-Osaka	515	212	03:00	270	02:26	136
		99,0%	Shinkansen	Osaka-Fukuoka	554	214	03:00	300	02:35	90
*Separerat höghastighetssystem med kopplingspunkter och en del integrerade trafikupplägg										
**Enstaka tåg med justerbar hjulbredd trafikerar höghastighetsnätet bitvis										

Figur 70: Punktlighet, medelhastighet och turutbud för olika höghastighetssystem i världen.

Tydligt är att en hög grad av separering mellan höghastighetsbanan och konventionalla banorna ökar sannolikheten för att få ett punktligt system. En starkt bidragande orsak är att ett separerat system utan kopplingspunkter blir mycket enkel med få växlar och annan teknik som kan krångla. Detta medför att både trafik och banan kan utformas enkelt vilket höjer sannolikheten för att det inte skall krångla.

11.2 Kostnadsberäkning

I projektet har en grov kostnadskalkyl baserat på den kunskap och de á priser som banan byggs för utomlands.

- I Japan byggs Shinkansen (konstruktion på bro inklusive tunnlar och externa stationslägen, samma löneläge som Sverige) för 165 000 SEK/meter.
- I Kina byggds höghastighetsbanor på bro inklusive tunnlar och stationer (lägre löneläge än Sverige) för 120-150 000 SEK/meter.
- På kontinenten i Europa byggs höghastighetsjärnväg på bank för 200 000-300 000 SEK/meter.
- Ostlänken i Sverige är beräknad att kosta 220 000 SEK/meter. Detta inkluderar stora kostnader för bibana till Nyköping och dyr stationslösning i Norrköping. Om Ostlänken byggs utan bibanan in till Nyköping (extern station vid Skavsta) och med externt stationsläge i Norrköping sjunker kostnaden till 180 000 SEK/meter.

För huvudscenariot byggs ny bana Ski – Sarpsborg – Öxnered - Gamlestaden (ca 300 km) och Almedal/Mölndal – Halmstad - Tyringe (ca 200 km). Sträckan Tyringe – Lund antas vara byggd av Europabanan i Sverige.

I Norge är byggkostnaden 50 % högre än i Sverige beroende på terräng, markförhållanden och arbetskraft även om utländsk arbetskraft används för arbetet.

Sammantaget bedöms kostnaden för 500 km ny höghastighetsbana kosta ca 100 miljarder SEK.

11.3 Kostnadsjämförelser trafikslag

Det råder stor osäkerhet om vilket trafikslag som är det mest kostnadseffektiva transportmedlet. Detta beror på att man jämför olika saker med varandra och att olika saker ingår och ingår inte i kalkylerna.

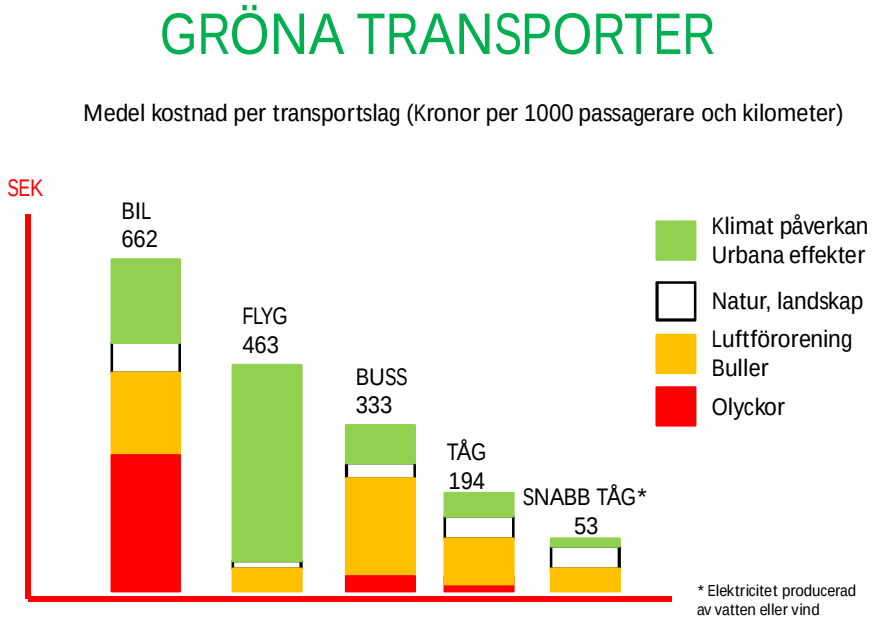
Grundregeln är att det alltid är kostnadseffektivast att investera i järnväg eftersom kapaciteten är överlägsna väginvesteringar samt att en järnväg alltid har 5 gånger större kapacitet än en väginvestering. Detta är också relevant till markanvändningen där vägen gör anspråk på 5 gånger mer mark än en järnväg. Detta berör särskilt tätorter där det råder markbrist.

Klimatpåverkan är störs för fossila drivmedel som förekommer med bil, flyg och buss. Järnvägens klimatpåverkan är minimal och minsta möjliga. Likaså ger järnvägen små urbana effekter eftersom dess effektiva upptagningsområde bidrar till bättre planerade städer och dess utbredning.

Natur och landskapspåverkan för järnväg och väg är likvärdig. Minst påverkan har flyget.

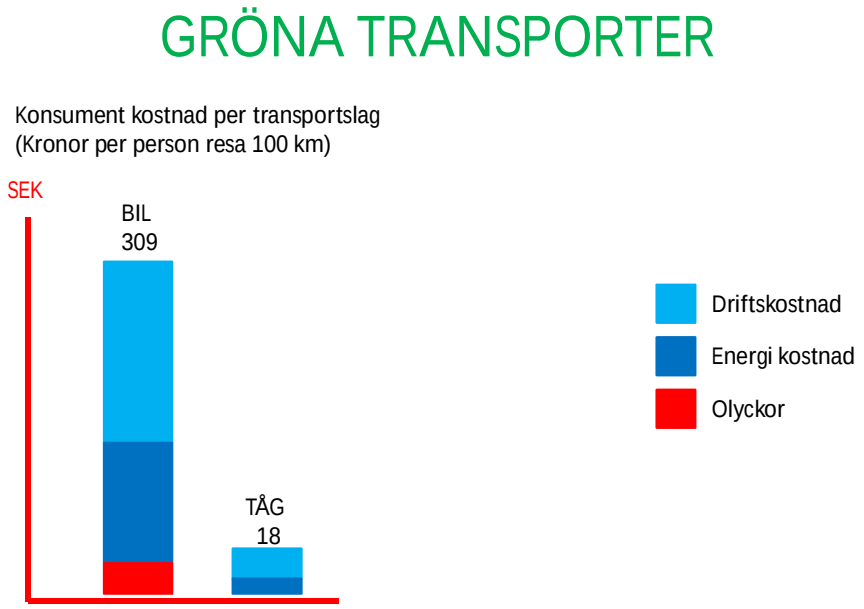
Påverkan av luftföroreningar är likvärdiga för alla fossila drivna transporter där buss, bil och dieseltåg har stor påverkan. Det samma gäller för buller där flyg och höghastighetståg har minst bullerpåverkan.

Olyckskostnader för samhället är störst för biltrafiken och är obefintlig för höghastighetståg.



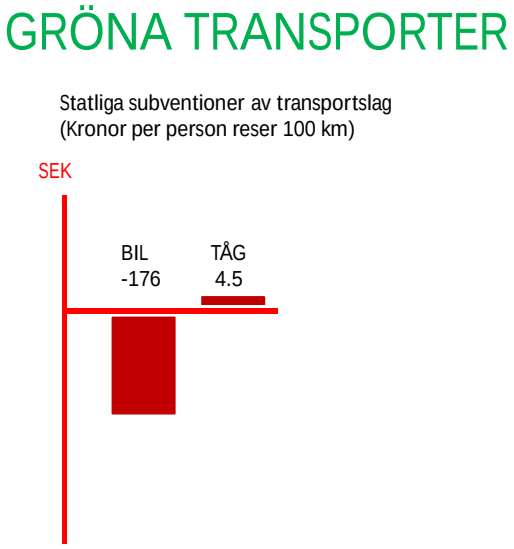
Figur 71: Kostnad för olika transportslag

Av diagrammet ovan framgår det att det är 12 gånger dyrare att färdas med bil än med höghastighetståg.



Figur 72: Konsument kostnad för bil och tåg

Det framgår att kostnaden för att färdas 10 mil med bil är 309 kronor och för tåg 18 kronor. Av tabellen nedan framgår det att staten subventionerar vägtrafiken med 176 kronor per 100 km alternativt per timme och att järnvägstrafiken ger ett statligt tillskott på 4,50 kronor per 100 km eller timme. Det är alltså lönsammare för staten att satsa på mer järnvägstrafik än biltrafik. Detta gäller även för infrastrukturinvesteringar där järnvägen är hälften så dyr att investera i som väginvesteringar. Notera att vägnätet i större delar av landet ligger tomt på större delen av dygnet, medan järnvägen har kapacitetsproblem dygnet runt, persontrafik dagtid och godstrafik nattetid.



Figur 73: Statlig subvention för olika transportslag

12. REFERENSER

- Rambölls studiebesök i Japan och Kina
- Trafikverkets Kapacitetsutredning
- Kostnadskalkyl för Ostlänken
- Trafikverket reseberättelse för Japan
- Integrerade Separerade Tågsystem
- UIC kostnadsjämförelse mellan trafikslag samt BVH 727.