



Järnvägsgruppen

Sammanfattning av rapport:

Nya stambanor till lägre kostnader

Evert Andersson, Mats Berg, Sebastian Stichel

25 maj 2016



Hela rapporten kan laddas ner från KTH
Järnvägsgruppens hemsida:

<http://www.kth.se/sci/centra/railway>

Innehåll	Sida
Sammanfattning och slutsatser	3
Summary and conclusions	5
1. Inledning och bakgrund	7
2. Hög hastighet i omvärlden – anläggningskostnader	10
3. Banans teknik	12
4. Hur bra spår behövs – och vad klarar moderna spår?	19
5. Fixerat spår eller ballastspår?	32
6. Flexibel bangeometri och hastighet	40
7. Kostnader och teknikval – slutsatser	45
Referenser	48
Bilaga 1: Anläggningskostnader europeiska höghastighetsbanor	
Bilaga 2: Normer för spårläge	

KTH Järnvägsgruppen bedriver forskning och utbildning i spårtrafikrelaterade ämnesområden. Inom denna grupp samlas och samverkar specialister inom olika områden: tågtrafikplanering, kapacitet och ekonomi, banteknik, elektriska kraftsystem, energianvändning, spårfordon och samverkan fordon-bana. Även ljud och vibrationer, lätta konstruktioner, tribologi m.m. ingår i gruppens kompetens.

Evert Andersson är professor emeritus i järnvägsteknik vid KTH. Hans främsta forskningsområde är samverkan mellan fordon och bana. Hans bakgrund är inom industrin och han var under 1980-talet en av de ledande ingenjörerna vid utvecklingen av X2000, för att kunna köra med ökad hastighet och prestanda på befintligt spår. Han har bl.a. varit projektledare för FoU-programmet Gröna Tåget 2005–2012. Han är invald i Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA).

Mats Berg är professor i järnvägteknik vid KTH. Han arbetar framför allt inom området samverkan fordon-bana, fjädringssystem och spårfordons energianvändning, inkl. klimatavtryck. Han har tagit civilingenjör- och doktorsexamen på Lunds Tekniska Högskola samt varit postdoc på University of California at Berkeley och arbetat på ABB Traction. Han ingår f.n. i ett femårigt utbytesprogram med Southwest Jiaotong University i Chengdu i Kina.

Sebastian Stichel är professor i spårfordons dynamik vid KTH och föreståndare för KTH Järnvägsgruppen. Hans främsta forskningsområde är dynamisk samverkan mellan fordon och bana. Han har tagit civilingenjör- och doktorsexamen på TU Berlin och arbetat på Bombardier Transportation i 11 år. Han har varit gästprofessor både på University of Illinois in Urbana-Champaign i USA och på Beijing Jiaotong University i Kina.

Sammanfattning och slutsatser

Sveriges nya stambanor för höga hastigheter planeras för korridorerna Stockholm–Linköping–Jönköping–Malmö och Stockholm–Jönköping–Göteborg. Sträckan Stockholm–Jönköping är gemensam för de båda. De nybyggda delarna (exkl. befintliga delar närmast ändpunkterna) omfattar c:a 720 km, något beroende på den sträckning som slutligen kommer att väljas. Totala längden trafikspår uppgår till c:a 1500 km. Banorna byggs för hastigheter av 320 km/h.

Kostnaden har tidigare beräknats till mellan 140 och 170 Mdr kronor. I en rapport till den s.k. Sverigeförhandlingen i december 2015 lämnade Trafikverket en ny uppskattning av anläggningskostnaderna på mellan 190 och 320 miljarder kr för huvudalternativet, inom ett sannolikhetsintervall på mellan 15 och 85 %. Osäkerheten är alltså mycket stor. Medelvärdet 255 Mdr kr motsvarar 355 miljoner kr per km dubbelspår (ban-km).

Europeiska banor för hastigheter på minst 300 km/h och som färdigställda 2006 till 2016 har en genomsnittlig anläggningskostnad av c:a 230 miljoner kr per ban-km. Frankrike och Spanien har kostnader på c:a 200 miljoner kr per ban-km, medan Tyskland och Italien ligger c:a 50–65 % högre. *Med kostnader motsvarande Frankrike och Spanien skulle det svenska projektet kosta c:a 145 Mdr kr, medan kostnader enligt europeiskt genomsnitt skulle ge c:a 165 Mdr kr.*

Anledningen till kostnadsökningen uppges av Trafikverket vara (1) att kraven på tillåten sättnings i spåret har skärpts, vilket hör samman med kravet på s.k. fixerat spår; (2) ökade krav på bullerskydd; (3) ökad andel tunnlar och broar, vilket hör ihop med linjeföringen (kurvradierna); (4) krav på sidospår i stationslägen och (5) att den elektriska kraftförsörjningen utanför järnvägen nu ingår i kostnadsräkningen. De tre första punkterna utgör enligt Trafikverket c:a 80 % av den antagna kostnadsökningen.

Fixerat spår eller ballastspår?

I detta arbete granskas nödvändigheten av s.k. *fixerat spår*, d.v.s. ett tekniskt utförande där rälererna monteras på ett lägesfixerat betongdäck. Fixerade spår har *små geometriska justeringsmöjligheter* när det är färdigbyggt och fixerat, i förhållande till de sättnings- och andra rörelser som kan uppkomma i en icke stabiliserad banunderbyggnad. Banunderbyggnaden måste därför vara mycket stabil över banans livslängd. Konventionella ballastspår kan däremot lägesjusteras vid behov, genom riktning och tidvis påfyllning av ny ballast.

Starkt ökade krav på *banunderbyggnadens långsiktiga stabilitet* medför sannolikt *kraftigt ökade anläggningskostnader* för fixerade spår. På inte helt fasta jordarter måste grundläggningen oftast föras ner till fast berg. En översiktlig beräkning visar på *extra kostnader för stabil grundläggning på storleksordningen 65 Mdr kr* för hela systemet.

Även den fixerade banöverbyggnaden, d.v.s. betongdäcket med uppläggning och räler, är något dyrare i anläggning än ett ballastspår. Denna merkostnad är förhållandevis liten och skulle kunna motiveras av lägre livstidskostnader för kontinuerligt underhåll och periodisk spårförnyelse, förutsatt att spåret verkligen ligger stabilt under hela dess livslängd. Nuvärdet av *de lägre underhållskostnaderna kan inte tillnärmelsevis kompensera de ökade grundläggingskostnaderna.*

I långa *bergstunnlar och bergskärningar* kan fixerat spår vara *ekonomiskt fördelaktigt*, eftersom underlaget där är stabilt. Olika typer av spår kan då få variera längs banan.

Anledningen till att fixerat spår förts på tal, och i Trafikverkets tekniska systemstandard hittills angetts som normalt utförande, är en förmodan att det med ballastspår blir svårt att underhålla en tillräckligt god geometrisk standard på spåret, s.k. spårläge. Vår undersökning visar att *moderna ballastspår högst sannolikt kan uppfylla de krav som ställs beträffande*

spårläget i hastigheter upp till åtminstone 320 km/h. En viss ökning av insatserna för spårlägeskontroll och punktvis justering kan behövas jämfört med tågtrafik i lägre hastigheter.

Ballastspår kommer också, rätt utförda, att uppfylla krav på termisk stabilitet. De kommer med stor sannolikhet inte att ge upphov till s.k. stensprut, förutsatt att ballastens övre nivå ligger 3–4 cm under sliprarnas överkant. Detta är rutin sedan länge. Ballastspår väntas ge mindre behov av bullerskydd, både gentemot omgivningen och i tågen. Det är möjligt att ändra spårgeometrin i ballastspår, t.ex. att ändra rälsförhöjningen (spårets dosering i kurvorna) i samband med framtida hastighetsändringar.

Frankrike, Spanien och Italien använder ballastspår i hastighetsområdet 300–320 km/h.

Detta arbete visar också att *moderna höghastighetståg väntas ge förhållandevis låga påkänningar i spåret*, jämfört med tillåtna gränsvärden och i förhållande till vad tunga tåg i lägre hastigheter ger. Det gör att försämringen av spårets kvalitet väntas ske långsammare än om spåret skulle trafikeras även av tunga lokdragna tåg. Vidare, kraven på spårläge är inte exceptionellt höga enligt de normer som utarbetats inom Europa. Vårt arbete visar också att komforten i tåget blir bra med hänsyn till skakningar och vibrationer.

Flexibel bangeometri och hastighet

En ytterligare möjlighet att minska kostnaderna – oberoende av typen av spår – är att göra en optimering av bangeometri och hastighet. Hittillsvarande specifikationer säger att banan ska dimensioneras och byggas för 320 km/h, vilket förutsätts gälla nästan överallt. Det leder till en förhållandevis stel linjeföring i termer av kurvradier, framför allt horisontellt, men i viss mån även vertikalt. Det blir ibland svårt att manövrera i topografin, mellan höjder och vattendrag, i bebyggelse och värdefulla naturområden och mot annan infrastruktur. Resultatet av detta blir ofta tunnlar eller broar och olika krav på fördyrande anpassningar.

Om man tillåter lokala hastighetsnedsättningar till 300 km/h, i några fall möjligen 280 km/h, kan man tillfälligt över kritiska partier tillåta mindre horisontella kurvradier: Man har då lättare av manövrera kring olika hinder. *Enkelt uttryckt: ibland kan man köra runt berget än rakt igenom det.* Istället för att som hittills planera för kurvradier på 5000–6300 m skulle man kunna planera för 4700 m som normalvärde och 3000–3600 m som minimum. Det leder sannolikt till mindre antal tunnlar och broar och mindre fördyrande anpassningar i övrigt. Ett tiotal sådana hastighetsnedsättningar kan leda till förlängning av restiden med 2–3 minuter för de snabbaste tågen; de något långsammare regionaltågen kommer inte att påverkas alls. Detta kan genomföras om kostnadsbesparingarna är betydande. I övrigt bör tidigare specifikationer beträffande bangeometri och hastighet behållas.

Det är inte möjligt att enkelt fastställa hur stora besparingarna kan bli. Varje enskilt fall måste bedömas och beräknas i detalj med de lokala förutsättningar som råder just där. En överslagsmässig kalkyl med en enligt vår uppfattning rimliga antaganden visar på möjliga besparingar i storleksordningen 15 Mdr kronor för hela det planerade systemet.

För att minska kostnaden jämfört med Trafikverkets skattningar, föreslås att konventionellt ballastspår används på större delen av sträckan istället för fixerat spår som kräver mycket stabil grundläggning. Vidare bör linjeföringen och hastigheten kunna bli mera flexibel för att lättare komma förbi olika hinder. Detta ger endast 2–3 minuters tidsförlust för de snabbaste direktgående tågen medan regionaltågen inte påverkas.

Sammantaget uppskattas kostnaderna för de nya stambanorna till 160–190 Mdr kronor, vilket motsvarar en kostnad per ban-km något högre än det europeiska genomsnittet.