

250 km/t med standardfordon



Fig 1. Det tyska elloket Typ 182, samma typ som provkördes utanför Köpenhamn under hösten 2018 i hastigheter kring 250 km/t. Loket är godkänt för 230 km/t men har i sitt hemland uppnått 357 km/t, norr om München.

Foto: Thomas Wolf, 2007, Wikipedia

Inledning

Sedan decennier pågår en intressant teknisk utveckling av fjärr- och regionaltåg inom DSB. Fram till början av 1990-talet utgjorde dieseldrivna loktåg huvudflottan inom persontrafiken. Dragkraften bestod oftast av tunga, sexaxliga lokomotiv där de tyngsta var av typen MZ (uppemot 123,0 ton). Fjärrtågsvagnarna var oftast 24,5 meter långa och inredning av kupétyp var vanlig.

Utvecklingen av konventionella loktåg kulminerade inom DSB under början av 1980-talet med utvecklingen av den nya generationen IC5- vagnar från Scandia A/S. Dragkraften utgjordes av det då hypermoderna lokomotivet ME, utrustat med en sextoncylindrig, turboladdad dieselmotor från General Motors samt en ny generation drivmotorer av växelströmstyp från BBC. Ambitionen med snabba ombord- och ilandkörningar vid färjelägren vid Stora Bält resulterade i att ett 132 meter långt, sammanhållet vagnsätt (exkl lokomotiv) med beteckningen IC5 utvecklades. Det nya tågsättet vägde dock, inklusive ME- loket, hela 365 ton vilket omräknat per sittplats (vid endast 2 klass) motsvarade omkring 1 008 kg per säte. *Det motsvarar en bil med tomvikten 4 ton...*

Under mitten av 1980- talet startade DSB utvecklingsarbetet av en ny generation motorvagnståg med beteckningen IC3. Omräknat per sittplats sjönk vikten med cirka 18 %, ner till omkring 808 kg per säte. Inte så lätt det heller, då det motsvarar en bil med tjänstevikten 3,2 ton. Jämförelsen mellan ett konventionellt loktåg och IC3 var enligt följande:

Artikeln har kostnadsuppgifter genomgående i danska kronor (DKK), prisnivå december 2018. 1 DKK = 1,38 SEK.

	alt 1	alt 2	
Typ	IC5	3 x IC3 (2)	
Konfig	loktåg	motorvagnståg	
Antal säten	362 pl (2)	360 pl	
Sittkomfort	105 cm	106 cm	
	2 + 2	2 + 2	
Korgbredd	301 cm	310 cm	
Max hastighet	160 km/t	180 km/t	bägge dock konstruerade för 200 km/t
Tomvikt	365 t	291 t	
Bruttovikt	395 t (3)	319,8 t	
Tomvikt pr säte	1 008 kg/säte	808 kg/säte	18 % lättare med IC3
Specifik effekt	4,9 kW/t (1)	8,5 kW/t	0,95 red faktor dieselmotor IC3 = effekt vid räl
Längd	232 200 mm	176 400 mm	inkl ME-lok, IC5- vagnar (alt 1)
Spec säten	1,56 säten/m	2,05 säten/m	

(1) = ME- lok, 1 950 kW vid räl

(2) = endast 2 klass

(3) = tomvikt 50,0 t per vagn

Tab 1. Jämförelse motorvagnståget IC3 med loktåget IC5, leveransutförande

Motorvagnstågen vidareutvecklades till bland annat en eldriven version (IR4) samt ett trevagnars tågsätt av typen ET ("Øresundståg").

Fremtidens tog

Under juni 2014 publicerade DSB rapporten "Fremtidens tog". DSB hade identifierat tre huvudtyper ("arketyper") som behövdes:

- Regionaltog ("RT"), topphastigheten **160...180 km/t**, låggolv, "snabb acceleration", dubbeldörr, 10 km mellan uppehåll, skall ersätta IR4, MR samt på sikt även loktåg med dubbeldäckare
- Fjärrtåg ("FT"), topphastigheten **189...200 km/t**, låggolv, "medelsnabb acceleration", dubbeldörr, 25 km mellan uppehåll, skall ersätta IC3, IC4, ICE och IR4
- Höghastighetståg ("HT"), topphastigheten **225...250 km/t**, "moderat acceleration", enkeldörr, mellan de fem största städerna i Danmark, ersätter ingen tågtyp

Källa: Fremtidens tog, juni 2014, sid 31

Utredningen lutade åt förhållandevis korta tågsätt (80...100 meter, ungefär som motorvagnstågen IR4 och norska Type 74).

Under mars 2015 publicerades i den norska tidskriften "På Sporet" en artikel med rubriken "Konventionella loktåg i 250 km/t". Artikeln konstaterade att moderna svenska, danska och norska fjärrtåg har en alldeles för hög investeringskostnad per säte räknat, ofta i intervallet 281... 387 tdkr (sid 40, justerat för växelkurs o index). Ungefär som en exklusiv limousin av typen Mercedes 560. Enligt artikeln skulle massproducerade, färdigutvecklade, fyraxliga ellok och konventionella personvagnar kunna sänka investeringskostnaden till neråt 136 tdkr per säte. Dessutom framgick i artikeln att konventionella fjärrtåg bestående av massproducerade fordon av standardtyp mycket väl lämpar sig för 250 km/t. Artikeln väckte vissa reaktioner.

Den 7 oktober 2016 publicerade tidningen Ingeniøren artikeln "Nye eltog bliver alligevel ikke den sikre død for lokomotiver og vogne". Artiklen inleds med att "Når DSB inden for de næste ti år udskifter størstedelen af sin togflåde med nye elektriske tog for op mod 22 mrd dkr, skulle det have været slut med at køre i togvogne trukket af lokomotiver på de danske statsbaner. Det slog DSB fast i beslutningsoplægget til milliardindkøbet fra 2014, som DSB kalder *Fremtidens Tog*. Elektriske lokomotiver med togvogne er nemlig dyre i drift, og ved at købe togsæt med egen trækraft i stedet sparer man hvert år flere millioner på togdriften, konkluderede DSB".

Tidningen Ingeniøren konstaterade rappt att "...den konklusion holder ikke længere".

Under rubriken "Klogere siden 2014" sägs att *"Spørger man DSB, har selskabet imidlertid skiftet ståsted i spørgsmålet om lokomotiver versus togsæt"*. Senare säger DSB:s programdirektör for togindkøb att *"...den økonomiske forskel på løsninger med lokomotiver og togsæt så lille, at vi ikke på forhånd vil udelukke en af materieltypene..."*.

Med konventionella loktåg i 250 km/t

Tron på att motorvagnståg totalt sett är billigare än konventionella loktåg är inte på något sätt unik för DSB. Såväl den norska (NSB) som svenska (SJ) och tyska (DB) statsjärnvägen har sedan decennier pendlat fram och tillbaka vad gäller valet av motorvagns- eller loktåg.

I Tyskland pågick redan under 1930-talet utvecklingen av en ny generation tunga motorvagnståg, men samtidigt beställdes även ett flertal tunga, sexaxliga ellok (typ 18 och E19) för höga hastigheter. Typ E19 var konstruerat för 225 km/t. Loktypen lanserades 1940 och tillverkades endast i ett mindre antal exemplar.

Under 1950- talet påbörjades utvecklingen igen för nya generationer motorvagnståg men då hastigheten under mitten av 1960- talet skulle höjas till 200 km/t valde DB åter att satsa på tunga, konventionella loktåg. Liksom de danska ME- lokomotiven var de tyska höghastighetslokomotiven (typ 103.0) av sexaxlig typ och tillverkade av Henschel.

Under 1963 beställdes fyra prototyplokomotiv och den 11 februari 1965 överlämnade Henschel det första lokomotivet till DB. Den 12 september 1973 uppnådde ett 103- lokomotiv 252,9 km/t på delsträckan Hannover-Hamm (förbundslandet Nordrhein- Westfalen). Under juni 1985 uppnådde ett tågsätt bestående av tre vagnar och ett 103.0- prototyplok (individ 3) på delsträckan Rheda- Ölde (samma förbundsland som tidigare provkörning) hastigheten 283 km/t. *Det var uppenbart redan under 1970-talet att 200 km/t inte på något sätt var någon teknisk gräns för konventionella loktåg.*



Fig 2. Ett eldrivet fjärrtåg draget av snabbtågsloket 103.1. Normalt var loken endast godkända för 200 km/t men det fanns även en version för 250 km/t. Loktypen har dock uppnått 283 km/t. En vidareutveckling av detta lokomotiv, med topphastigheten 250 km/t, en kontinuerlig toppeffekt på 10 000 kW och kontaktledningsspänningen 15 o 25 kV AC är ett intressant alternativ för framtidens danska tåg.

Foto: Ostermünchen, Tyskland, sydost om München, september 2011, Steffs 88, Wikipedia

Tågets roll i framtiden

Den spårburna persontrafiken i Danmark har under decennier legat kring cirka 10 %, ungefär som i Tyskland och Sverige. Detta är ett lågt värde och borde, speciellt med tanke på miljödebatten, höjas drastiskt. Åtminstone borde det långsiktiga målet ligga kring 35 %.

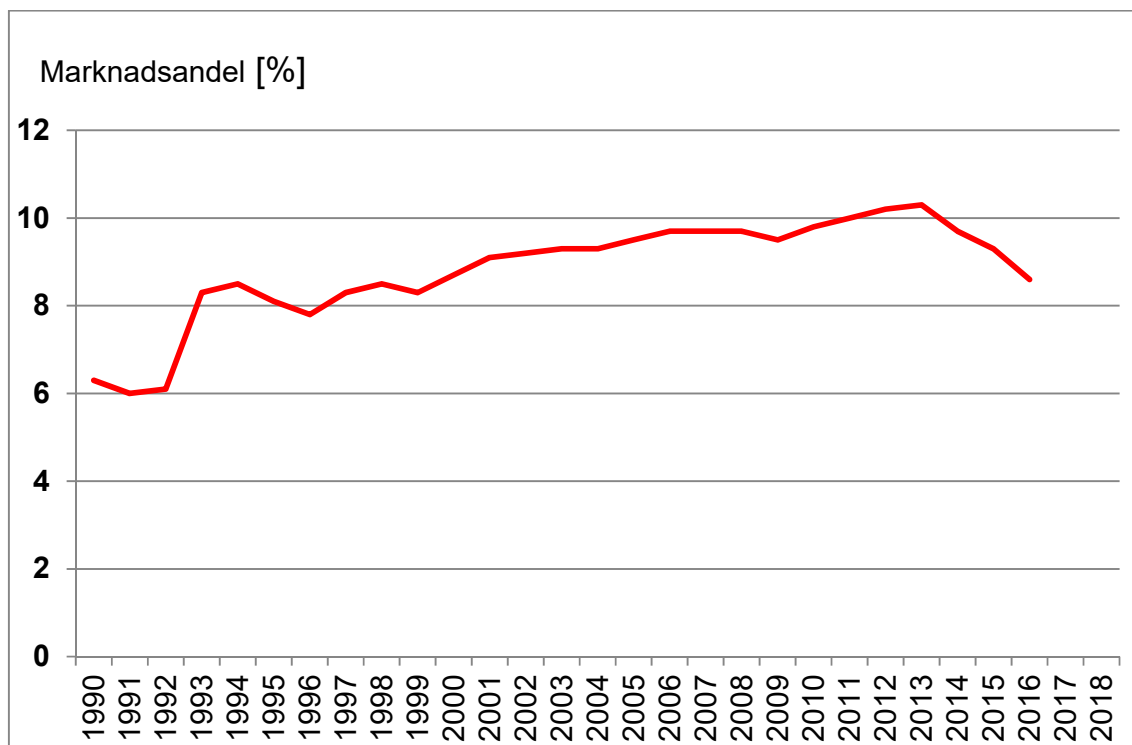


Fig 3. Marknadsandelen för persontåg i Danmark
Källa: Eurostat

Översikt skandinaviska fjärrtåg 150 km/t eller mer

Det skandinaviska järnvägsnätet har en total banlängd på 1 768 mil (2015), där endast en mindre del är dubbelspårig. Regionen har totalt cirka 21 miljoner invånare. De tre ländernas statliga järnvägsoperatörer (SJ, DSB och NSB) har dock valt högst olika lösningar vad gäller fjärrtåg. SJ valde 1986, efter nästan två decenniers utredning, en ny generation tunga loktåg (X2000) som teoretiskt kunde köra uppemot 15 % snabbare i kurvorna än konventionella tåg (sv. kategorierna S respektive B) genom användandet av lutningsbara korgar, vilket i praktiken innebar cirka 5...10 % restidsförkortningar. Dess topphastighet var 200 km/t, vilket krävde en rejäl ombyggnad av banorna. Under maj 2008 valde SJ dock att satsa på ett mindre antal fyrvagnars motorvagnståg för 200 km/t med beteckningen X55. Dessa monterades samman i en fabrik i d DDR (Görlitz).

NSB valde redan under slutet av 1970- talet att satsa på en ny generation loktåg, dragna av Henschel- lokomotiv av typen EI 17. År 1997 (samma år som danska ET beställdes) valdes dock en helt ny generation motorvagnståg av typen Signatur (Type 73). Under 2012 påbörjades leveranserna av en ny generation mycket tunga och dyra motorvagnståg av typen Type 74 från Schweiz.

DSB valde först, som nämndes tidigare, att utveckla en ny generation tunga, konventionella loktåg med beteckningen IC5. Under 1983 publicerades emellertid en rapport som hävdade att motorvagnar var ett bättre alternativ. Den 10 december 1985 publicerades i "DSBladet" att "I første omgang anskaffes 23 togsæt...". Den 9 december 1985 skrev DSB under ett kontrakt med Scania och Düwag. Totalt kunde max fem IC3:or kopplas samman vilket resulterade i en total tåglängd på 294 meter och 600 säten. Det motsvarar kapacitetsmässigt cirka 9 stycken UIC- vagnar med längden 26,40 meter. Den första leveransen planerades januari 1988, men förseningen uppstod.

IC3 var till mycket stor del utvecklat av den västtyska industrin med dieselmotorer från Deutz, växellådor från ZF, boggiar från Wegmann, bromsar från Knorr och vagnkorg utvecklad av Düwag (numera Siemens).

Den 30 juni 1990 beställdes även 17 eldrivna motorvagnståg av typen IR4 (snarlikt) från ABB. Totalt max fem IR4:or kan kopplas samman vilket motsvarade en tåglängd på 383 meter och 1 055 sittplatser. Totalt är den kontinuerliga effekten för fem stycken IR4:or 8 400 kW, vilket ungefär motsvarar effekten för två stycken EA-lok (8 000 kW).

Den 27 augusti 1997 beställde DSB och SJ gemensamt 27 tågsätt från Adtranz med beteckningen ET. Totalt kan max fem ET- sätt kopplas samman vilket innebar tåglängden 394,5 meter och 980 säten. Den kontinuerliga effekten för fem enheter ligger på 10 600 kW, ett högt belopp.

Beteckning	IC3	IR4	ET	
Max antal enheter	5 st	5 st	5 st	
Antal sittplatser	600 pl	1 055 pl	980 pl	
Längd över stötytor	294 000 mm	382 660 mm	394 500 mm	
Tomvikt	485,0 t	665,0 t	785,0 t	
Bruttovikt (1)	533 t	749 t	863 t	
Max kont effekt	4 530 kW	8 400 kW	10 600 kW	
Topphastighet (2)	180 km/t	180 km/t	180 km/t	
Pris	175 mdkr	315 mdkr	234 mdkr	prisnivå dec 2018
Stolavstånd	106 cm	106 cm	95 cm	
Säten i bredd	2 + 2	2 + 2	2 + 2	
Korgbredd	310 cm	310 cm	297 cm	
Sp invest kost pr säte	292 tdkr/säte	298 tdkr/säte	239 tdkr/säte	
Sittplatsdensitet	2,04 säte/m	2,75 säte/m	2,48 säte/m	
Spec tomvikt	1,65 t/m	1,74 t/m	1,99 t/m	
Spec effekt	8,5 kW/t	11,2 kW/t	12,3 kW/t	
Spec tomvikt pr säte	808 kg/pl	630 kg/pl	801 kg/pl	

= 80 kg/passagerare

= signalsystem, kontaktledning och banöverbyggnad kan begränsa topphastigheten under angiven topphastighet

Tabell 2. Tre typer av moderna, danska motorvagnståg, leveransutförande

Källa: tillverkar- data, via tyska och brittiska facktidsskrifter

För att jämföra investeringskostnaden per säte för moderna, skandinaviska fjärrtåg, som alla har en topphastighet av 150...200 km/t, behöver vi ett relevant måttetal. Ett sådant är *investeringskostnaden per säte*. Vi väljer "IC3-komfortstandard", det vill säga genomgående stolavståndet 105 cm, 2 + 2 säten i bredd samt handikappvänliga WC, dock inget flexi-utrymme.

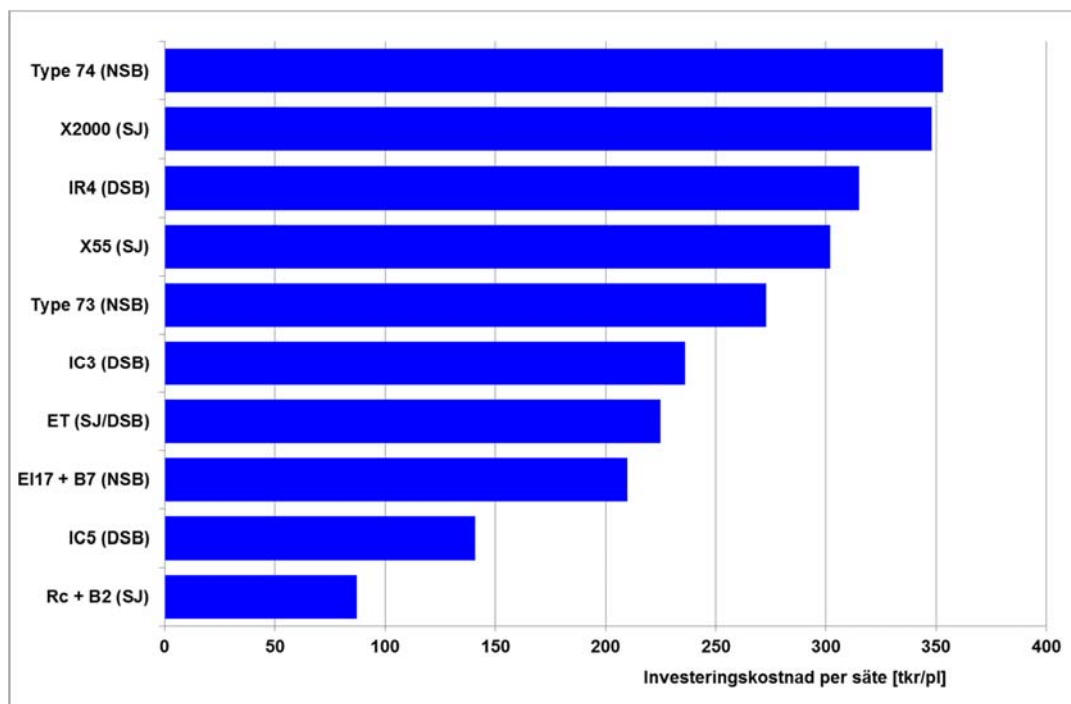


Fig 4. Jämförelse investeringskostnad per säte med "IC3- komfortstandard". Jämförelsen har gjorts konsekvent med 2 + 2 säten i bredd, 105 cm stolavstånd samt enhetligt utrymme för WC. Inget flexutrymme, varför siffrorna inte helt stämmer överens med tillverkarens leveransdata.

Källa: författaren, med underlag från främst tyska och schweiziska järnvägstidskrifter. Inflation o växelkurser (=prisnivå) 2018 enligt Nationalbanken.

Dyrast är norska Type 74 (353 tdkr/pl) och billigast är svenska loktåget med Rc-lok och B2- vagnar (87 tdkr/pl). Det senare har dock endast topphastigheten 160 km/t, även om försök har genomförts i Sverige i 200 km/t (i USA rullar dock sedan 1980-talet modifierade Rc- lok i 200 km/t).

Höga hastigheter i Västtyskland redan under 1960-talet

Med tanke på DSB:s planer att skaffa fjärrtåg för hastigheter över 200 km/t är det intressant att studera utvecklingen sedan 1960- talet av sådana fordon i grannlandet Västtyskland. Det är visserligen 54 år sedan tågen började rulla reguljärt i 200 km/t i Västtyskland, om än under en kraftigt begränsad period och endast på en kort sträcka. Under sommaren 1965 bedrevs nämligen reguljär trafik på delsträckan München – Augsburg (62 km) i hastigheter uppemot 200 km/t. Den bayerske ministerpresidenten Alfons Goppel var på plats den 26 juni för en provtur.

Det västtyska loket 103.0 (= prototypversionen) var utvecklat av Siemens och Henschel. Loket var sexaxligt och hade en vikt på 110,0 ton. Den något senare lanserade serieversionen 103.1 (vikt 114,0 ton) var konstruerad för 250 km/t. Det västtyska järnvägsnätet var dock byggt till stor del under 1800-talet med snäva kurvor och mindre god banstandard (tunna ballastlager, kläna räler, skarvspår, träslipers, små spåravstånd, trånga tunnlar (som redan vid 100 km/t slog lock för öronen) och långt ifrån alltid elektrifierat). Synen av 103- loket, dragande på gamla vagnar från 1960- talet i det mellantyska bergsmassivet, präglade länge bilden av DB.

Det fanns inom akademiska kretsar i Tyskland redan under 1930- talet planer på ett nytt höghastighetsnät för hastigheten 400 km/t och en omfattande forskning bedrevs inom områdena gångegenskaper, gångmotstånd och elektriska drivsystem, vilket visade potentialen inom järnvägen. Med tiden fördes dock allt större resurser över till tunga försvarsmaterieltransporter till fronterna. Leveranserna av dieselmotorer (Maybach) prioriterades till stridsvagnar istället för snabba motorvagnståg. Snabb persontrafik hamnade i skymundan.

Under 1933 skulle en ny generation fjärrtåg hos DR sättas i trafik med topphastigheter uppemot 160 km/t. Omfattande provkörningar genomfördes. En ny standardboggi (ty. "Einheitsbauart") med axelavståndet 3 000 mm och hjuldiametern 95 cm togs fram. Under 1950 lanserades en vidareutveckling av denna standardboggi, i samarbete mellan DR-kontoret i Göttingen (som låg i det senare Västtyskland) och företaget Westwaggon i förorten Deutz (nära Köln). Boggin fick benämningen Minden- Deutz (MD). Kännetecknande för dessa boggies var den rektangulära boggiramen, axelavståndet 250 cm, spiralfjädrar i såväl primär- som sekundärfjädringen samt axelboxstyrning med bladlänkar. Hjuldiametern var inledningsvis 95 cm, senare 92 cm. Boggin var inledningsvis endast godkänd för 120 km/t men en lätt modifierad version med skiv- och magnetskenebromsar godkändes senare för 200 km/t. Det visade sig dock att MD- boggin gick lugnt även i hastigheter uppemot 250 km/t, trots nedslitna hjul (vilket brukar resultera i orolig gång).

Kraven på boggies är flera. De skall orsaka låga spårkrafter, även vid höga hastigheter. Underhållsbehovet skall vara minimalt, gångegenskaperna goda och tåget skall kunna bromsa från 200 km/t till stillastående på en kort sträcka (cirka 2,3 km vid kraftig inbromsning). I en konventionell IC- vagn med bruttovikten 50 ton (totalt 8 bromsskivor) ökar skivtemperaturen med cirka 250 °C vid en inbromsning till stillastående, om inte motorbroms används. Detta ställer givetvis höga krav på bromsarna, som dock upp till 160 km/t i Tyskland kan vara av typen blockbromsar. Vid högre farter krävs skiv- och magnetskenebromsar. Även i Frankrike användes snabbtågsvagnar i 200 km/t med mycket goda gångegenskaper. Men till skillnad mot Västtyskland använde de franska vagnarna blockbromsar även vid 200 km/t. Bägge länderna använde dock magnetskenebromsar, tunga bromsblock som "fälls" ner över räls huvudet och suger fast med hjälp av elektromagneter.

Under slutet av 1960-talet påbörjades i Västtyskland utvecklingsarbetet för en ny generation motorvagnståg för 200 km/t, benämnt 403 (ej att blandas samman med det år 2000 lanserade tåget 403). Liksom loktågen var det nya motorvagnståget av tung typ; varje motorvagn hade en tomvikt på i genomsnitt 59 ton.

Under 1977 meddelades från DB att en ny generation höghastighetsboggies med beteckningen MD 52 var under utveckling. Denna boggi skulle inom kort bli färdig och prövades i intensiva försök hos förbundsjärnvägsanstalten Minden (ty. "Dieses Drehgestell wurde vor kurzer Zeit fertiggestellt und wird z Zt intensiven Versuchen in der Bundesbahnversuchsanstalt Minden unterzogen", källa ZEV-Glas Ann nr 2 1977, sid 48).

MD 52 saknar blockbromsar varför boggiramen inte behöver ha någon upphängningsanordning för sådana. Istället utfördes boggiramen H- formad. Grundversionen har två kraftiga, ventilerade bromsskivor med diametern 61 cm på varje axel (hjul diameter 92 cm) och tjockleken 10 cm. Givetvis har MD 52:an i Tyskland även magnetskenebromsar. Intressant är att ett mindre antal av TEE- vagnarna (typ Apmz 122) utrustades med en specialversion av MD 52 med beteckningen MD 525. Dessa kunde även användas i 250 km/t (senare valdes en vidareutvecklad variant med beteckningen MD 522 i de tyska fjärrtågen av typen ICE-1, dock konstruerade för 300 km/t).



Fig 5. En personvagnsboggi av typen MD 523, som ingår i MD 52- familjen. Notera att boggin saknar blockbromsar. Hos tyska IC-vagnar ("konventionella vagnar") är hastigheten normalt begränsad till 200 km/t men boggin är konstruerad för 250 km/t. MD 52- boggin rullar bland annat i Tyskland, Irak och Saudiarabien. Lägg märke till den karaktäristiska axelboxstyrningen med bladlänkar.

Foto: "EveryPicture", december 2015, Wikipedia



Fig 6. En ombyggd salongsvagn av typen Apmz 127, ursprungligen av typen Apmz 122. Normalt var vagntypen inte godkänd för mer än 200 km/t (MD 36- boggi) men ett färre antal utrustades under 1970- talet med MD 52- boggi för 250 km/t (version 122.2). Apmz 122 började levereras 1975. Vagnen till höger har en lite äldre typ av entrédörr, tidigare vanlig även i Danmark. Den senare är dock inte alls lika trycktät som den vänstra dörren (märks vid snabba tunnelpassager).

Källa: Hamburg- Harburg, strax söder om Hamburg, Wikipedia

1978: en ny generation andra klass fjärrtågsvagnar för 250 km/t

Under slutet av 1970-talet planerades för trafik med IC- tåg med såväl första som andra klass- vagnar i Västtyskland. Redan 1977 hade de s k Eurofima- vagnarna satts i trafik, en version som fanns i såväl första klass som andra klass- version (DB använde dock endast 1 klass Eurofima- vagnar, nationell beteckning Avmz 207). Vagntypen uppskattades mycket av främst 2 klass- resenärerna då vagnen har mycket goda gåengegenskaper, mjuka och tysta skivbromsar, klimatanläggning samt endast 66 säten i andra klass (3 säten i bredd). Vagntypen var konstruerad för 200 km/t och har en god aerodynamik (= inklätt underrede, släta ytterväggar, dörrar och fönster i plan med ytterväggen, endast 30 cm mellan vagnändarna etc). Boggierna var tillverkade av Fiat (typ Y0270S) och har en mycket lugn gång, snarlik de franska boggierna av typen Y 32.

DB lät dock konstruera och tillverka en ny generation andra klass salongsvagnar med beteckningen Bpmz. Bpmz påminde mycket om Eurofima- vagnen, inte så märkligt eftersom LHB hade konstruerat bägge vagnarna. Dock ökades sittplatsantalet till 80 säten (stolavstånd 94 cm) med 2 + 2 säten i bredd. För att minska hjul- och rälsslitage beställdes även en version med radiellt inställbara hjulaxlar (Bpmz 292), med en boggi av typen LD 73. Tillverkaren av denna boggi var Wegmann. Boggitypen var dessutom luftfjädrad. Sedan beställde även DSB och NSB liknande, spårvänliga boggies från Wegmann.

Flertalet av Bpmz- vagnarna utrustades dock med stålfjädrade boggies av typen MD 522 (= Bpmz 291).



Fig 7. En andra klass fjärrtågsvagn av typen Bpmz 294.5 (f d Bpmz 291), konstruerad för 250 km/t. Vagnserien började levereras till DB senhösten 1978.

Foto: "Steinfurth", juni 2013, f d svenska staden Stralsund, norra Tyskland, Wikipedia

Under mitten av 1970- talet användes med andra ord konventionella luktåg med konstruktionshastigheten 250 km/t, med mycket hög komfort i Västtyskland. En lätt modifierad version av boggin MD 522, rullar sedan tidigt 1990- tal hos de tyska fjärrtågen av typen ICE-1. Inte ens vid 280 km/t märks den höga hastigheten då vagnen går mycket lugnt.

Dubbeldäckare eller inte?

Under 2002 påbörjades leveranserna av regionalstågsvagnar av dubbeldäckartyp till DSB. Vagnarna är tillverkade av det kanadensiska företaget Bombardier och består av tre typer:

Beteckning	Längd (mm)	tomvikt (t)	antal sittplatser (pl)	antal (st)
ABs	27 300	52,0	47	25
B	26 800	50,0	110	62
Bk	26 800	50,0	102	26
summa				<u>113</u>

Tab 3. Översikt DB dubbeldäckare

Vagnarna har topphastigheten 160 km/t, skivbromsar och klimatanläggning. Vagnlängden för mellanvagnarna (= B och Bk) är samma som DDR- vagnen från 1972, d v s 26 800 mm mot konventionella 26 400 mm.

Dubbeldäckare är inte på något sätt en ny uppfinning. Redan under 1800- talet rullade dessa i bland annat Frankrike och Tyska riket. Under 1930- talet sattes ett sammankopplat vagnsätt, bestående av två vagnkorgar, i trafik i norra Tyskland. Efter andra världskriget fortsatte utvecklingen av nya generationer dubbeldäckare i såväl den västra delen som östra delen av det besegrade Tyskland (senare Väst- och Östtyskland). Ett mindre antal vagnar levererades med en vagnlängd av endast 22,40 meter över buffertarna. Versionen, benämnd DByg 547, hade hela tre ingångar per sida samt två plan, trots den korta vagnlängden. Det fanns 100 säten ombord. Korgbredden var 295 cm och den yttre takhöjden 452 cm. Då golvet i den nedre våningen endast låg 34 cm ovanför rälsöverkant var det lätt att förflytta sig in och ur vagnen från låga plattformar.

Under 1951 levererades en betydligt längre dubbeldäckare med den då extrema längden 26,40 meter över buffertarna, en längd som senare blev standard via den internationella järnvägsunionen (UIC). Liksom föregångaren var golvhöjden extremt låg med endast 34 cm ovanför rälsöverkanten.

Idag upplever många resenärer dubbeldäckare som extremt trånga. Förutom det faktum att sidoväggen på övre plan lutar in på grund av konstruktionsprofilen (likt mindre flygplan) så är den inre takhöjden låg (cirka 200 cm, i vissa fall ännu lägre). Trapporna är smala och svåra för resenärer med rörelsehinder att använda. Kombinationen av trånga säten, inåtlutande väggar samt låg takhöjd ger ett nästan klaustrofobiskt intryck. DB gick då inte vidare med några större beställningar av tvåvåningsvagnar.

Inom Östtyskland var den ekonomiska situationen efter kriget mycket ansträngd. Järnvägsnätet var både svårt skadat och nedslitet. En stor del av nätet hamnade i Polen. Samtidigt behövdes snabbt stor transportkapacitet på järnvägen och en ny generation dubbeldäckartåg, fast sammankopplade via s k Jacobs- boggier, såg dagens ljus. En av de första varianterna levererades redan 1950, med beteckningen DBv. Vagnen var dock extremt trång. Vagnsättet uppgavs ha totalt 901 platser varav 457 stående. Totalt fanns endast två WC vilket innebar 450 passagerare per WC.



Fig 8. Ett fast sammankopplat (via Jacobs boggier) östtyskt tåg med dubbeldäckare. Östtysklands konstruktioner av dubbeldäckare med dess extremt trånga, ej handikappvänliga inredning är en av de få saker som gått i arv från Östtyskland till Västeuropa, trots socialismens sammanbrott 1990.

Källa: DDR, Wikipedia

I boken "Eisenbahnwagen" nämns att "Vid högtrafik kan ett tvåvåningståg med 2 sådana sätt vid en totallängd av endast 146,8 meter frakta cirka 2 000 resenärer" (ty. "In Spitzenzeiten kann ein Doppelstockzug mit 2 solchen Einheiten bei einer Gesamtlänge von nur 146,8 m etwa 2 000 Fahrgäste befördern"). Dessutom var korgbredden endast 286 cm (och vagnen hade 2 + 3 säten i bredd...). Någon luftkonditionering fanns inte.

DDR visar vägen för Västeuropa... i alla fall inom järnvägen

Nästan 20 mil söder om Berlin ligger staden Leipzig. Staden var tidigare ett maktcentrum för det tyska socialistiska enhetspartiet (SED) och under vårmässan 1972 i just Leipzig lanserades av DDR:s industri en ny dubbeldäckare, som senare kom att bilda skola för dubbeldäckarna hos operatörerna DSB, DB och SBB. Den nya vagnen ansågs av SED- regimen som ett genombrott och belönades 1972 med ett pris.

Den nya vagntypen lanserades 1972, som 1987 av det statliga förlaget Transpress (DDR) beskrevs "...som prototypen för senare utvecklingssteg och leveranser...". Det mest kännetecknande är att vagnlängden är 40 cm längre än standardlängden för UIC-vagnar (26 800 mm istället för UIC-längden 26 400 mm) och vagnen hade en korgbredd på endast 278 cm (normalt 282 cm). Vidare heter det i samma bok att "Dubbeldäckarna representerar Görlitzer- fabriken årtiondelånga erfarenheter, som under 1952 till 1970 levererade över 2 000 dubbeldäckare i flerdelade tågsätt...".

Under 1998 köpte Bombardier den gamla DDR- fabriken. Det är anmärkningsvärt hur en gammal DDR-produkt i det tysta har kunnat leva vidare både i Tyskland, Schweiz och Danmark, speciellt med tanke på den usla komforten. DDR har lämnat få spår efter sig i Västeuropa men dubbeldäckaren är just ett av de få, dock med jämna mellanrum starkt kritiserad i pressen. I Sverige har tysktillverkade tåg (X40) av dubbeldäckartyp satts i fjärrtrafik med extremt trånga säten, smala trappor samt inåtlutande väggar vilket har väckt kraftiga motreaktioner hos resenärerna. Helt opåverkade av detta faktum har nya dubbeldäckare från Stadler (typ ER1), med än värre inredning, beställts för trafik i Mälarenregionen (Sverige).

1950- talet: Förbundsrepubliken väljer en annan väg

Till skillnad mot Östtyskland var den ekonomiska utvecklingen i Förbundsrepubliken under 1950- talet snabb. Vägtrafiken växte snabbt och i det sammanhanget var trånga dubbeldäckare med små säten svårt att konkurrera med. Istället satsade DB under 1950- talet på att tillsammans med den västtyska fordonsindustrin utveckla en ny generation 2 klass sittvagnar. En ny generation kupé- vagnar med endast 72 säten (3 säten i bredd, 12 kupéer á 6 säten, vagnlängd 26,40 meter) lanserades, totalt sett handlade det om flera tusen vagnar. Vagntypen var endast avsedd för hastigheter uppemot 160 km/t och saknades klimatanläggning. Boggin var utrustad med bullrande, ryckiga och dammande blockbromsar där hjulen vintertid dessutom tenderade att frysa fast (hjulplatta).

För vissa huvudlinjer lanserades redan under början av 1960-talet rena första klass tåg, även kallade TEE. Under sommaren 1965 kördes reguljärt i 200 km/t mellan München och Augsburg (62 km). Redan 1962 påbörjades leveranserna av en ny generation 1 klass personvagnar med klimatanläggning, inspirerat av liknande fjärrtågsvagnar av standardtyp i främst USA (AAR- standard). Med tiden började de tyska vagnarna att modifieras för 200 km/t med effektivare bromsar (skiv- och magnetskenebromsar). Inredningen i TEE- vagnen var påkostad med exklusiv mörkblå heltäckningsmatta, vinröda vilfåtöljer samt exklusiva träslag.

Typ	Apmz 121	Avmz 111
Klass	1 kl	1 kl
inredning	salongsvagn	kupévagn
Antal	100 st	267 st
tillverkningsår	1962-	1962-
Längd	26 400 mm	26 400 mm
Antal säten	51 pl	54 pl
Säten i bredd	2 + 1	3
Sätesavstånd	117 cm	116 cm
Tomvikt	44,0 t	44,0 t
Klimatanläggning	ja	ja
Max hastighet	200 km/t	200 km/t
Bromsar	skiv- magnetskene-	skiv- magnetskene-

Tab 4. Översikt västtyska TEE- vagnar med leveransstart 1962

En god komfortstandard måste garanteras i framtidens tåg

En central del för nästa generation danska snabbtågsvagnar är komforten. IC3 och IR4 har ett generöst stolavstånd (106 cm) samt 2 + 2 säten i sidled, vilket ger en god sittkomfort. Den breda vagnkorgen (310 cm utvändigt) tillåter en generös bredd på sittdynan.

Vid valet av såväl norska (Type 74 och 75) som danska regional- och fjärrtåg (IC3, IR4, Öresundstågen) är det s k flexiutrymmet generöst till tåget. Rullstolsbundna resenärer samt resenärer med cyklar och barnvagnar behöver extra utrymme. Många gånger används dock Flex- utrymmet som ståplats, då sittplatser saknas vilket är direkt olämpligt. På den svenska sidan är Öresunds-tågens flexiutrymme i mittvagnen dock många gånger förvånansvärt tom.

En central del i komfortupplevelsen är sätenas sittkomfort. IC3- vagnarna har visserligen stora säten men vid fällning av ryggstödet vinklas inte sittdynan upp vilket gör att kroppen "hasar" ner på dynan. *Sittdynan måste istället med automatik vinklas upp när ryggstödet fälls.*

Självklart skall alla tågresenärer i framtiden garanteras en sittplats, precis som inom flyget och långfärdsbussar. I och med detta kommer ytterligare utrymme att frigöras då dagens extremt breda entrédörrar samt "ståtor" kan ersättas med stolutrymme. Detta i sig innebär fler sittplatser.

I rapporten "Passagerpulsens anbefalinger til DSB i forbindelse med indkøb af nyt materiel" (Notat, 7 april 2016) förs några förbättringsförslag fram enligt följande:

- plattform och vagn-golv i samma nivå
- litet avstånd mellan vagn o plattform
- större utrymme vid sätena
- inställbara säten
- sittplatser i rad, ej i grupp
- bord vid alla säten
- golv utan steg eller ramper (rullstolsanpassat)
- mer tillgängliga tåg för resenärer i rullstol
- rullgardiner
- dämpad belysning i tyst utrymme (sov)
- displayer för sittplatsreservation
- bättre temperaturreglering luft

Källa: Notat, 7 april 2016

Utvecklingen av komforten hos DSB

DSB:s fjärrtåg har sedan 1970-talet successivt gått mot en allt högre sittkomfort. De gamla personvagnarna av andra klass typ från 1960-talet var bullriga, det drog och de saknade allra oftast klimatanläggning. Vintertid snöade det in i vestibulerna från entrédörrarna och från genomgångsdörren mellan vagnarna. Vagnlängden var endast 24,5 meter. Nedan visas en översikt av andra klass personvagnar vid DSB, tillverkade under perioden 1964- 1983:

Beteckning	B	B
Klass	2 kl	2 kl
inredning	kupévagn	kupévagn
Antal	41 st	190 st
Tillverkningsår	1964- 1970 1982	1964- 1971 1981- 1983
Längd	24 500 mm	24 500 mm
Antal säten	60 pl	60 pl
Säten i bredd	3	3
Tomvikt	40,0 t	40,0 t
Max hastighet	140/160 km/t	140/160 km/t
ångvärme	ja	ja
elvärme	ja	ja

Tab 5. Översikt DSB 2 klass vagnar levererade under perioden 1964- 1983

Källa: "Danske lokomotiver og motorvogne", 1985-01-01, Tom Lauritsen

Under slutet av 1970- talet påbörjades arbetet med utvecklingen av en ny generation fjärrtågsvagnar av typen IC5. Vagnarna, exklusive lokomotiv, skulle snabbt kunna köras ombord på färjorna och i land vid Stora Bält. Till skillnad mot de allra flesta av DSB:s tidigare fjärrtågsvagnar, som hade längden 24,5 meter eller kortare, så utfördes IC5- vagnarna med längden 26,4 meter över buffertarna, precis som hos grannen Västtyskland (som hade gått över till denna vagnlängd redan under 1950- talet).

IC5-vagnarna fick även en något större korgbredd med 301 cm. En av vagn typerna (typ Bfm, andra klass) utfördes med salongsinredning med 2 + 2 säten i bredd samt motsittning. Stolavståndet var 105 cm vilket var ett generöst stolavstånd, ungefär som fjärrtågsvagnarna i Sverige från 1960- talet som hade sätesavståndet 104 cm (typ B1 och B5) och i Norge med 109 cm (typ B3). Liksom fjärrtågsvagnarna i USA som sedan 1940- talet byggts enligt AAR- standard, med sätesavståndet 104 cm i andra klass (korgbredd 305 cm). Under 1970- talet hade dock sätesavståndet i vissa andra klass vagnar i USA höjts rejält (Amfleet).

IC5- vagnarna utrustades med skivbromsade boggier, vissa tillverkade av Wegmann. Vagnarna utrustades även med klimatanläggning och var godkända för topphastigheten 160 km/t, även om de planerades för 200 km/t. Ett **femvagnars tågsätt**, exklusive lok, skulle ha en längd på cirka 132 meter och vid endast andra klass vagnar skulle tågsättet ha 362 säten (inklusive manövern vagn). Per sittplats skulle det motsvara en tomvikt på (1 008 kg/sittplats), det vill säga en extremt tung konstruktion, ungefär som X2000 i Sverige (räknat på enhetsklass och ingen restaurangvagn). Varje IC5- vagn skulle kosta cirka 14 mdkr (dec 2018 års prisnivå) vilket med ME- loket (pris 35 mdkr dec 2018 års prisnivå) som dragkraft skulle motsvara 266 tdkr per säte (lokkostnad 75 / 25 % fördelat på person- och godstrafik). Även det ett dyrt tåg, trots att det inte fick köras snabbare än 160 km/t.

Under mitten av 1980-talet stoppades emellertid utvecklingen av IC5- konceptet och istället koncentrerades arbetet på en ny generation motorvagnståg av typen IC3, med längden 58,8 meter. Med IC5 som ny komfortstandard behölls det stora stolavstånd men inredningen i IC3 blev än mer påkostad. 1995 lanserades den eldrivna versionen (IR4), dessutom med ytterligare en vagn inkopplad. Dock var ombordstigningen svår för många resenärer då golvhöjden var 130 cm hos IC3, vilket innebär 75 cm nivåskillnad jämfört med plattformen (plattformshöjd 55 cm). Värt att notera att man i Västtyskland redan under 1970-talet började använda vagnar med en golvhöjd av endast 100 cm, det vill säga endast 25 cm nivåskillnad mellan plattform och golv (vissa plattformar hade t o m höjden 96 cm).

Under 2002 påbörjades leveranserna av dubbeldäckare till DSB. Andra klass versionen har uppemot 110 sittplatser per vagn men det är trångt ombord. Öresundstågen (ET), tillverkade av en krisande och nedläggningshotad statlig fabrik i Kalmar, beställdes redan 1997 men jämfört med IC3 och IR4 (310 cm korgbredd) var Öresunds-tågen smala (297 cm). År 2005 kollapsade fabriken i Kalmar. Ombord är det trångt med litet sätesavstånd (95 cm) och smala sittedynor. Mellanvagnen hade dessutom branta trappor för låggolvsdelen. Vissa av dessa tåg går hela den 40 mil långa sträckan Helsingör- huvudstaden- Malmö- Helsingborg- Halmstad- Varberg- Göteborg, vilket tar cirka 4,5 timmar. Att åka hela sträckan kräver promenader ombord på den undermåliga sittkomforten. Benen domnar bort (inom flyget talar man sedan många år om behovet att röra sig för att undvika risken för blodpropp).

Varför dubbeldäckare?

Det är uppenbart att allt fler länder, enligt förebild från DDR, väljer dubbeldäckare. Det är främst två argument som används, dels det faktum att fler passagerare får plats per meter tåglängd, (då de sitter i två plan) och dels att dubbeldäckare skulle vara billigare i drift. Det kräver då inte lika långa plattformar (som kan vara dyra och komplicerade att anlägga). Dock är inte kapacitetshöjningen 100 % vid övergång från enplansvagnar till dubbeldäckare, vilket är lätt att tro. Snarare är den endast 50 % då mycket utrymme försvinner.

Under 1986 publicerades i den tyska järnvägstidskriften ZEV Glas Ann en intressant artikel av chefen för konstruktionsavdelningen för rullande materiel och verkstäder vid den holländska statsjärnvägen (NS), Zeevenhooven. En fjärrtågsvagn ("IC") med 80 säten jämförs i artikeln med en dubbeldäckare med 120 säten. *Det visade sig dock i denna studie att totalkostnaden per sittplats-mil räknat endast är 7 % lägre hos dubbeldäckaren än hos den konventionella vagnen.*

Den andra frågan är vilken plattformslängd som krävs. Då vi förutsätter att samtliga resenärer (givetvis) har en sittplats så innebär det hos regionaltåg (105 cm stolavstånd, 2 + 2 säten i bredd) att varje 26,40 meter långa sittvagn tar 72 passagerare. Vid 8 vagnar och loklängd 20 meter innebär det tåglängden 231,2 meter, vilket innebär **2,4 passagerare per meter tåg**. Vid dubbeldäckare ökar denna siffra till **3,6 passagerare per meter tåg**.

Att gå över till dubbeldäckare innebär alltid en rejäl standardförsämring för resenärerna. Antalet trappor är många inne i vagnarna, såtana ofta trånga (ungefär samma stolavstånd som i tunnelbanevagnar, 80...85 cm) och kostnadsbesparingen är- återigen- endast marginell (cirka 7% enligt holländska erfarenheter).

Hur stor dragkraft behövs?

En central fråga är vilken effekt som konventionella loktåg behöver vid 250 km/t. Luftmotståndet växer nämligen mycket snabbt vid ökande hastighet. Det finns en "brytpunkt" där loket vid full effekt inte längre klarar högre hastighet; då dragkraften är lika stor som bromskraften. D v s nästan all effekt går åt för att övervinna luftmotståndet. En annan central fråga är hur snabbt tågsättet kan accelerera. Det danska elloket EA (lanserat 1985) har en topphastighet på 175 km/t men endast en kontinuerlig effekt på 4 000 kW. Snabbtågsloket Taurus (lanserat av Siemens 1997) har en topphastighet på 230 km/t samt en kontinuerlig effekt på 6 400 kW, det vill säga en 60 % högre kontinuerlig effekt. Vid åtta vagnar, vilket vid hög sittkomfort motsvarar 72 säten per vagn eller totalt 576 säten, har tåget en bruttovikt på 490 ton.

En central fråga är snabbtågens accelerationsförmåga. Vi utgår, återigen, från ett tågsätt med åtta stycken, 26,4 meter långa personvagnar med tomvikten 45 ton och 72 säten per vagn. Detta ger ett 211,2 meter långt vagnsätt (exklusive lokomotiv) med tomvikten 360 ton, bruttovikten 406 ton och 576 säten. Den disponibla dragkraften för acceleration utgår från nettodragkraften, det vill säga skillnaden mellan dragkraft och gångmotstånd. Accelerationsförmågan från stillastående till 160, 200 respektive 250 km/t framgår av nedanstående tabell, baserat på den tyska Sauthoff- formeln:

Lok	oper	lokvikt (t)	F _{MAX} (kN)	P _{MAX KONT} (kW)	tåglängd (mm)	bruttovikt (t)	max fart tåg (km/t)	0...160 (s)	0...200 (s)	0...250 km/t (s)
EA	DSB	80,0	260	4 000	230 580	486	175	144	---	---
EB	DSB	86,0	320	6 400	230 100	492	200	102	151	---
1116	ÖBB	88,0	300	6 400	230 480	494	(250)	102	151	247
"EG+"	(DSB)	120,0	400	10 000	232 300	526	250	72	104	162

längd vagnsätt 8 vagnar, exkl lok 211 200 mm (å 26 400 mm)
tomvikt 8-vagnars vagnsätt, exkl lok 360 t
bruttovikt dito 406 t
antal säten 576 pl (72 pl per vagn)
passagerarvikt, inkl bagage 80 kg/pers
horistonell, rak bana
vindstilla (dock kompensering inbyggd i formel enligt Sauthoff)

Tabell 6. Accelerationsförmågan för ett åttavagnars lokdraget fjärrtåg. Lokomotivet Taurus är inte växlat för mer än 230 km/t i trafik, men har uppnått 357 km/t vid provkörning i Tyskland (+55 % överhastighet). I tabellen har därför detta lok antagit klara av 250 km/t, motsvarande en hastighetshöjning på knappt 9 % mot det tillåtna värdet (230 km/t). Vagnarna är konventionell UIC-typ, dock för 250 km/t istället standardhastigheten 200 km/t.

* = förförslag, loktypen existerar ej (dock snarlik danska EG och tyska 103)

Som framgår av tabellen är tiden från stillastående till 160 km/t i intervallet 72...144 sekunder och tiden till 200 km/t är 104...151 sekunder. Det är dock en markant skillnad i accelerationstid mellan fyr- (= de tre första) och sexaxliga ellok (= det sista).

Ett sexaxligt ellok med effekten 10 000 kW (ungefär samma vikt och längd som EG- lokomotivet från Siemens) minskar accelerationstiden avsevärt, men ett sådant skulle sannolikt ha ett väldigt högt pris (förmodligen 50+ mdkr).



Fig 9. Det danska, sexaxliga elloket EG från Siemens är främst konstruerat för tunga godståg. Med modern kraftelektronik skulle en max kontinuerlig effekt på 10 000 kW och topphastighet 250 km/t vara möjligt. Aerodynamiken måste dock förbättras (inklätt underrede, infällda handtag, rundare front samt renare tak) och boggiernas fjädrar samt svängningsdämpare optimeras.
Foto: Manfred E Fritsche, Wikipedia

Kurv Hastigheter

Ett av de stora handikappen för världens järnvägar är de många och snäva kurvorna. Dessa begränsar hastigheten rejält. Kommersiella fordon för topphastigheten 160 km/t har dock funnits sedan 1930- talet, för 200 km/t sedan 1960-talet (Japan, Västtyskland och Frankrike) och 250 km/t sedan 1970- talet. Kring 1990 började 300 km/t att användas i reguljär trafik (Frankrike med TGV-A). Men höga hastigheter betyder även stora kurvradier. *Och att rätta ut kurvor och/eller bygga nya banor kostar väldigt mycket pengar.*

En bana i delstaten Texas för 300 km/t planerades för omkring 725 mdkr per mil medan den 15 mil långa nybyggnadssträckan Järna- Nyköping- Linköping väster om Stockholm beräknas kosta cirka 3 600 mdkr per mil, om den någonsin byggs. Den amerikanska banan skulle finansieras på den öppna marknaden medan den svenska skulle finansieras skattevägen. Den svenska banan har diskuterats oavbrutet sedan den lanserades i en tidskrift sen vintern 1991 medan den amerikanska banan, som presenterades i en artikel 1986, relativt omgående ansågs vara olönsam.

Under 1967 började vissa fjärrtåg i Frankrike att köra snabbare i kurvorna genom att man tillät en s k högre rälsförhöjningsbrist (tåget Le Capitole, linjen Paris- Toulouse, 713 km). Detta värde motsvarar vad som faktiskt skulle behövas i form av en högre ytterräl, men den vill man sällan ha högre än 150 mm, i undantagsfall 180 mm (TGV). Genom att tillåta ett något större slitage kan en ej kompenserad rälsförhöjning tillåtas, ofta 100 mm för konventionella spårforon (t ex vagnboggier av typen Minden Deutz). SNCF tillät dock rälsförhöjningsbristen 180 mm redan 1967 vilket tillät en 15 % högre kurvhastighet jämfört med den då vanliga rälsförhöjningsbristen 100 mm. Under början av 1980- talet tillät även NSB rälsförhöjningsbristen 180 mm, om än med viss "sifferexercis" ("formler med undantag") med begränsningar. Under 1987 tillät även SJ rälsförhöjningsbristen 150 mm (klass B) och 245 mm (klass S) vid lutningsbara vagnkorgar, bägge i normen "Tillåten hastighet m h t spårets geometriska form- konventionella tåg", SJF 540.31, daterad 17 november 1987). Under 2017, 50 år efter Frankrike, tilläts med andra ord även rälsförhöjningsbristen 180 mm för konventionella tåg i Sverige. Skillnaden mellan lutningsbara (X2000) och icke lutningsbara tåg (X74) i Sverige är mindre än 10 %. Det är med andra ord svårt att ur företagsekonomisk synpunkt köpa in dyra, lutningsbara tågsätt.

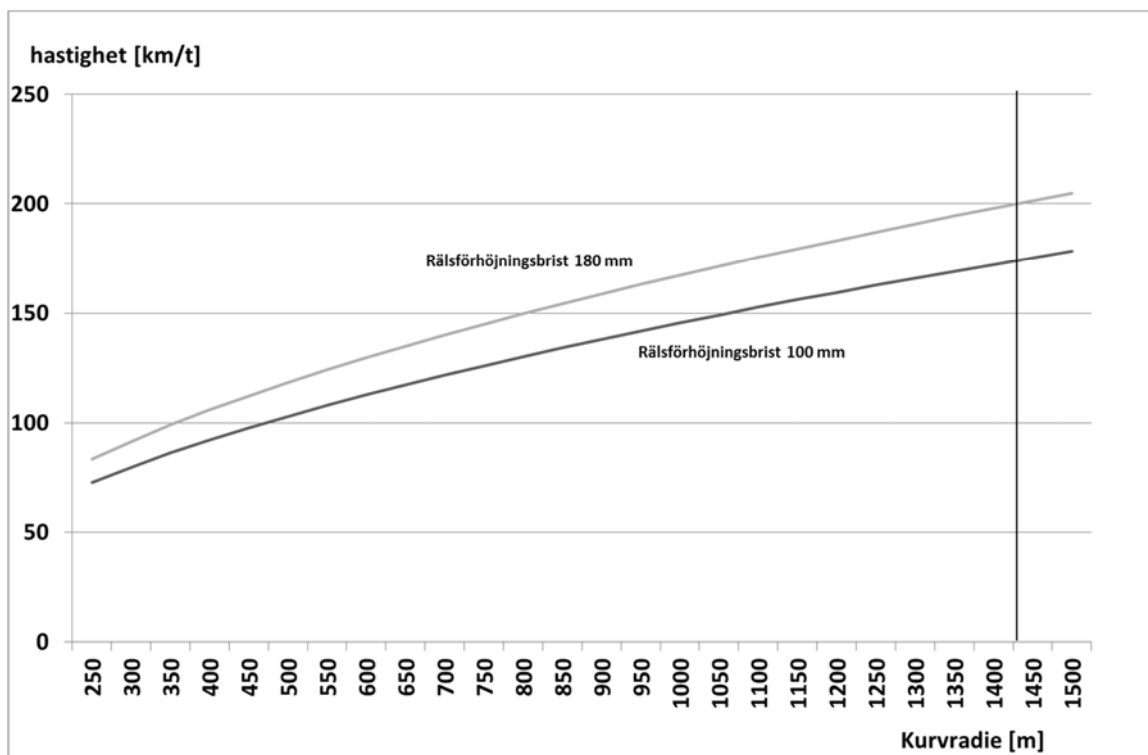


Fig 10. Diagram skillnad kurvhastighet mellan olika rälsförhöjningsbrister, för ej lutningsbara tåg. Kurva med rälsförhöjningen 150 mm. Under 1967 tilläts i Frankrike rälsförhöjningsbristen 180 mm och 50 år senare samma värde även i Sverige (kategori C). Vid radien 1 450 meter klarar man 175 km/t med rälsförhöjningsbristen 180 mm men 201 km/t med rälsförhöjningsbristen 100 mm, d v s en hastighetsökning på nästan 15 %. Med korglutning kan kurvhastigheten teoretiskt höjas med 9,6 % jämfört med rälsförhöjningsbristen 180 mm, sannolikt endast med en restidsförkortning på några få procent.

Källa: fransk (SNCF) och svensk järnvägsförvaltning (Transportstyrelsen samt Banverket)

Vectron- familjen

Tidigare i texten har lokomotivet Vectron nämnts. Loktypen är av fyraxlig typ, tillverkad av Siemens och finns i såväl elektriska versioner som en dieselelektrisk version. Loktypen lanserades på en mäsas i Berlin 2010 och i dagsläget har över 700 Vectroner sålts, de allra flesta i Europa. Två huvudversioner av el-versionen finns, dels Högeffekt- versionen och dels Medeleffekt- versionen. Högeffektversionen finns dels i en flerspänningsversion (25 kV AC, 15 kV AC, 3 kV DC och 1,5 kV DC) och dels i en växelspänningsversion med endast 25 kV AC och 15 kV AC. Medeleffektversionen finns för dels endast växelspänning (25 kV AC och 15 kV AC) samt en för endast 3 kV DC. Två stora länder med 3 kV kontaktledningsnät i Västeuropa är Belgien och Italien.

Högeffekt- versionen medger vid matning med växelström en kontinuerlig effekt på 6 400 kW men vid 3 kV DC endast effekten 6 000 kW. Vid en kontaktledningsspänning på endast 3,0 kV DC uppstår dock en strömstyrka på drygt 2 000 ampere, vilket är för mycket varför man på vissa håll i Italien har gått över till 25 kV kontaktledningsspänning med frekvensen 50 Hz (d v s samma som i bland annat Danmark). Vid spänningen 1,5 kV DC (= Holland och vissa regioner i Frankrike) medges endast effekten 3 500 kW, rejält under toppeffekten vid växelspänning. Medeleffekt- versionen medger endast 5 200 kW med såväl växelspänning som 3 kV likspänning.

Samlingsskenan ("tågvärmen") för vagnarna har en maximal effekt på 800 kVA. Två uppgifter som nämnts vad gäller denna är 1 kV 16 2/3 Hz och 1,5 kV 50 Hz.

Tophastigheter uppemot 200 km/t medges endast för Högeffekt- versionen. Medeleffekt- versionen medger 160 km/t.

Vectronen har en vikt i intervallet 80...90 ton beroende på kontaktledningsspänning. Längden över buffertarna är alltid 18 980 mm för elversionerna och hjuldiametern är 125 cm (nya hjul). Loket kan verka i en lufttemperatur i intervallet -30...+40 °C men avvikelser förekommer. Vectronerna är byggda för såväl normalspårvidd (Västeuropa) som 1 520 mm (Östeuropa). En version för spårvidden 1 668 mm finns även.

Vectron har till stor del sitt ursprung i det av DB utvecklade elloket 120.0, som började levereras redan 1979 (prototypversion). Under början av 1990- talet, i en anda av begeistring efter järnridåns fall, lanserade Siemens elloket "Europrinter", följt av "Eurorunner". En stor order på 70 lokomotiv av typen ACS-64 till USA (oktober 2010) kunde dock av uppenbara skäl inte längre ha namnet "Euro" så det fick istället bli namnet "Cities Runner", vilket även fick sätta punkt för epitetet "Euro". 2010 lanserades istället det mer neutrala namnet "Vectron". Nyligen fick en variant namnet Smartron. Vectroner rullar sedan en tid i Sverige och Norge. Från och med 2021 kommer Vectroner att rulla även i Danmark (typ EB).



Fig 11. Även tillverkaren Alstom kan sedan många år erbjuda fyraxliga högeffektslok, av typen Prima, en direkt konkurrent till Vectron.

Foto: MPW57, Berlin, 2014, Wikipedia

Vilken plattformshöjd?

Ett krav för nästa generation danska fjärrtåg är att vagngolvet ligger i samma nivå som plattformen (bättre handikappanpassning o snabbare i- och urstigning vilket även minskar tiden för stationsuppehåll). DSB använder ofta 55 cm höga plattformar (mätt över rälsöverkant). Såväl NSB som SJ använder, helt eller delvis, plattformshöjden 73 cm. Att använda två plattformshöjder är ej önskvärt och bör vara samma på bägge sidor av Sundet (motorvagnståget ET har golvhöjden 60 cm i mellanvagn). *Höjden på plattformen är en central och mycket viktig fråga.*

En UIC standardvagn har en golvhöjd av 125 cm. Vid en plattformshöjd på 55 cm motsvarar det en nivåskillnad på 70 cm. Vid plattformshöjden 73 cm minskar höjdskillnaden till en 52 cm. Dubbeldäckarnas golvnivå på nedre plan ligger dock neråt 35 cm (likt spårvagnar i t ex Stockholm) men denna låga nivå kan givetvis endast användas mellan boggierna (cirka 16 meter golvängd vid boggiavstånd 20 meter).

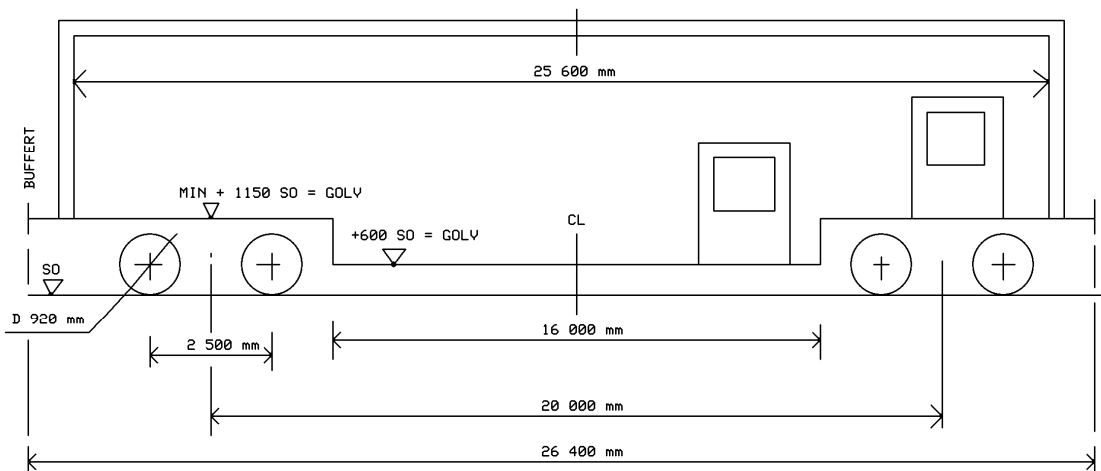


Fig 12. Principskiss andelen lågt golv i en s k låggolvsvagn med längd över buffertar på 26 400 mm. Lösningen med entrédörr ovan boggiar är vanlig i Holland och Schweiz, men tidigare även i DDR.

Källa: förf

Den första generationen dubbeldäckare i Östtyskland hade insteget ovanför boggierna, vilket gjorde att golvhöjden många gånger hamnade cirka 115 cm ovan rälsöverkant. Dubbeldäckaren DBme, som lanserades 1972, hade dock insteget i låggolvsdelen vilket gjorde att nivåskillnaden försvann, åtminstone i ingången. Däremot fanns branta trappor invändigt för passage mellan vagnarna, samt mellan övre och undre däck.

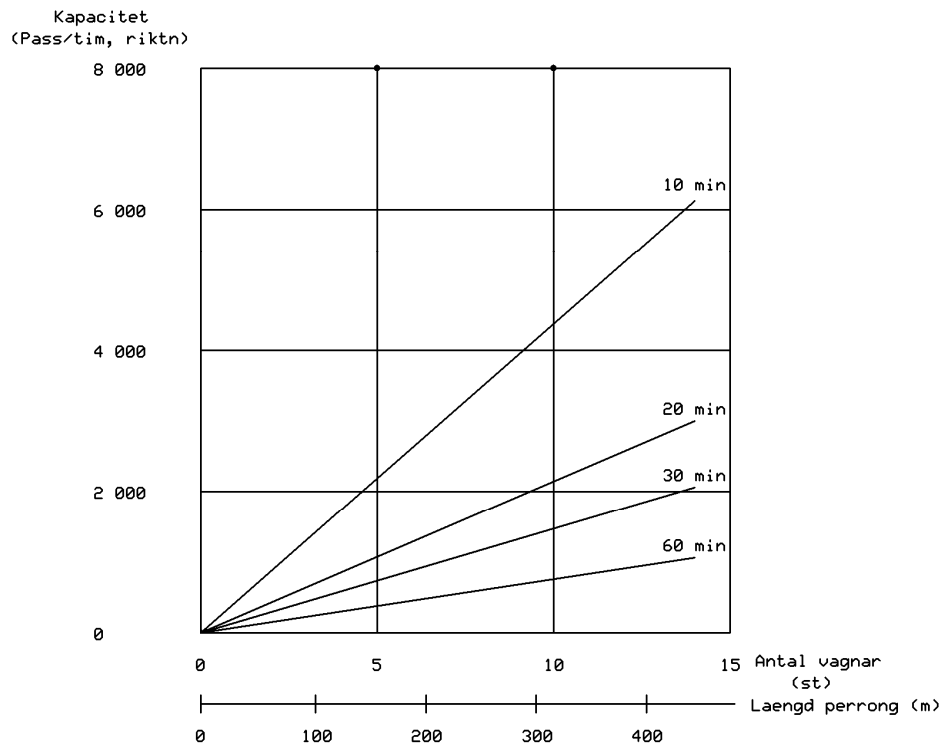
Såväl holländska som schweiziska dubbeldäckare fortsatte emellertid att ha insteget ovanför boggierna. Danska, tyska och svenska tvåvåningsvagnar har dock insteget i samma nivå som plattformen, vilket är en avsevärd komfortförbättring. Även mittvagnen i ET- tåget har insteget (i alla fall ungefär...) i plattformshöjd (golvhöjd 60 cm).

De svenska lokaltågen av typen X60 från den tyska delen av Alstom (f d LHB) har dock en intressant lösning där en genomgående golvnivå av cirka 80 cm används genom större delen av tåget. Inga trappor finns mellan vagnarna, förutom en lokal upphöjning ovanför hjulen. Utmaningen är givetvis boggierna, med hjuldiametern 85 cm. Genom att utföra mittgången med i en « fördjupning » vid boggierna kan golvhöjden i princip bibehållas på samma nivå (den norska motsvarigheten Type 74 har istället golvhöjden 115 cm vid vagnövergångarna, vilket kräver branta trappor invändigt, med allt vad det för med sig i snubbelrisk vid t ex snabba växelpassager eller plötsliga ryck i sidled). *Alstoms "X60- lösning" kräver dock plattformshöjden 73 cm för att fungera.* Plattformshöjden 55 cm skulle knappt fungera med låggolv. Golvhöjden 50 cm föreslogs visserligen i Sverige redan 1952 (den svenska "KLL- vagnen"), men separata hjulhus hade då behövts.

Vid plattformshöjden 73 cm går det att genomgående hålla i princip samma golvnivå (cirka 80 cm), det vill säga inga trappor i mittgången. Denna lösning är dock knappast möjlig vid tvåvåningsvagnar.

Hur långa plattformar ?

En central fråga är hur långa plattformar som krävs för en viss trafikuppgift. Frågan bör utgå ifrån hur många resenärer (givetvis alla med sittplats) som vill åka. Beroende på det specifika antalet säten per meter vagn och tågintensitet är plattformslängden lätt att räkna ut.



Vagnlängd 26,40 m
 loklängd 21,0 m
 bromsmarginal 30 m
 säten per vagn 72 (enhetsklass, ej restaurangvagn)
 sittkomfort 105 cm stolavstånd, 2 + 2, korgbredd 301 cm

Fig 13. Plattforms längden avseende transportkapacitet (per riktning) för fjärr-/regionaltåg, samt olika trafikintervall. Vid 2,5-minuters trafik (ej med på bilden) är kapaciteten 24 tusen passagerare per riktning och timme, ungefär som japanska Shinkansen. Diagrammet säger dock inget om hastigheten.

Källa: förf.

En kostnadsoptimal kombination

Artikeln har visat att danska motorvagnståg (IC3, IR eller ET) har en investeringskostnad på cirka 220...320 tdkr per säte. Det motsvarar ungefär samma investeringskostnad som för en lyxlimousin av typen Mercedes 560. Tomvikten per sittplats för samma tågtyp ligger kring 630...808 kg, där kulmen nåddes kring 1980 med en tomvikt på 1 008 kg per säte (5- vagnars tågsätt IC5 draget av ME- lok). *Ett tysktillverkat fjärrtåg av motorvagnstyp (ICE-3) kostar dock cirka 400 tdkr per säte, vilket ungefär motsvarar det antagna genomsnittspriset för danska Fremtidens tog.*

Ytterligare ett intressant nyckeltal är det specifika kilopriset för tåget, uttryckt i kronor per kilo tomvikt. En Volvo V60 kostar cirka 200 dkr per kilo medan det tyska höghastighetståget ICE-3 (pris 217 mdkr) kostar cirka 550 dkr per kilo. Det är en skillnad på nästan en faktor två; tågen borde ju i alla fall inte vara dyrare än bilen, med tanke på bilens komplexitet (främst styrning, lättbyggnadsteknik och hög specifik effekt). Vidare har V60 en tjänstevikt på cirka 410 kg per säte medan ICE-3 väger 986 kg per säte (i genomsnitt 52 platser per vagn).

Det danska elloket EA (1984) levererades i totalt endast 22 exemplar. Idag skulle, uppräknat för valutakurser och inflation, EA kosta cirka 50 mdkr medan Vectron endast skulle ligga kring 28 mdkr (återigen; det kostar att utveckla och tillverka i små serier...). En IC5- vagn skulle med samma beräkningsmodell kosta omkring 14 mdkr medan en västtysk standardvagn från 1980- talet (Bvmz 185) skulle kosta cirka 10,5 mdkr. En Eurofima- vagn från 1970- talet skulle dock, omräknat till dagens valutakurs och inflation, kosta endast omkring 8 mdkr, vilket motsvarar cirka 130 dkr per kg. *Den i dagsläget största potentialen vad gäller kostnadsreducering hos loktåg ligger inte hos lokomotivet utan hos vagnarna.*

Intressant är även att jämföra kostnaderna för dieselelektriska lok med varandra. Det danska dieselloket ME, som började levereras 1981, skulle idag kosta cirka 35 mdkr medan dess amerikanska motsvarighet SD 70 MAC skulle kosta endast 21 mdkr. Bägge lokomotiven är sexaxliga, utrustade med GM dieselmotorer (serie 645 respektive 710, bägge tvåtakt) samt asynkronmotorer (BBC respektive Siemens). Det amerikanska lokomotivet har t o m en starkare dieselmotor (3 300 kW) än det danska (2 450 kW) men, per kilo räknat, kostar ME- loket cirka 302 dkr/kg och det amerikanska endast 114 dkr/kg. Totalt levererades endast 37 stycken ME- lokomotiv men hela 1 109 stycken SD 70 MAC- lokomotiv. Återigen (som med EA och IC5); små serier kostar väldigt mycket pengar...

Kopplar vi samman åtta danska personvagnar av typen IC5 (å 14 mdkr) med ett Vectron- lokomotiv (å 28 mdkr) hamnar investeringskostnaden på cirka 133 mdkr (75/25 % fördelning person-/godstrafik). Om varje vagn har 72 säten motsvarar det 576 säten eller 231 tdkr per säte.

Om vi istället kopplar samman åtta vagnar av typen Eurofima (å 8,0 mdkr) med samma lok hamnar investeringskostnaden istället på endast 84 mdkr vilket motsvarar endast 148 tdkr per säte. Intressant är att kilopriset då sjunker till endast 360 dkr per kilogram, d v s det börjar närma sig motsvarande belopp för bilar. Totalt tillverkades 500 stycken Eurofima- vagnar.

Det har blivit för dyrt att bygga små serier tåg i Västeuropa, vilket inte minst utvecklingen i Schweiz visar. Det schweizisktillverkade motorvagnståget Type 74 hos NSB är både extremt dyrt och tungt, och heller inte vidare bekvämt (trånga säten). Det går visserligen att bygga spårfordon inom Västeuropa, men då krävs serieproduktion (likt bilindustrin), ett fåtal standardversioner liknande Vectron- konceptet och inte minst mycket kostnadsmedvetna beställare (operatörer). Den utvecklingen vad gäller dieselelektriska godståglok har dock funnits i USA sedan decennier. Det är till och med så att Siemens sedan många år levererar just elutrustningen till dessa amerikanska lokomotiv. Det var därför inte heller förvånande då Siemens fick nya order på elektriska (ACS-64) och dieselelektriska snabbtåglok (SCB-40) till USA.

Framtidens spårfordonsmarknad måste, likt flygplansmarknaden, koncentreras till ett fåtal modeller och tillverkare samt leveranser i mycket stora serier. Många tågmodeller i Västeuropa har genom åren "slarvats bort" genom att man har "hoppat över" det så tids- och kostnadskrävande verifieringsarbetet. Något sådant förfarande hade dock aldrig tillåtits av luftfartsmyndigheterna. Dörrar som strejkar, hjul som lossnar, WC som inte fungerar, hela tåg som blir stående ute på linjen etc är tecken på att utvecklingsarbetet inte är slutfört. Sambeställningar är ett steg på vägen vilket skulle sätta ytterligare press på hela branschen. Varken Norge, Sverige eller Danmark har ju längre någon nationell spårfordonsindustri att behöva ta hänsyn till.

Att ta steget utanför EES- området möter inte längre några tekniska svårigheter. Så har ju t ex SAS och bilköparna under många decennier köpt flygplan och bilar från andra kontinenter.



Fig 14. Ett sexaxligt, amerikanskt diesellokomotiv av typen SD 70 MAC. Totalt levererades 1 109 stycken i denna delserie. Loken är utrustade med en GM tvåtakts dieselmotor, boggier med radiellt inställbara hjul och asynkronmotorer.
Foto : januari 2008, Terry Cantrell, Wikipedia

Slutsats



Fig 15. Drottningens personvagn, typ "S", inne på Köpenhamns centralstation. Vagnen är tillverkad av tyska LHB, är 26,40 meter lång, godkänd för 200 km/t och har klimatanläggning. Denna vagn är i själva verket en förebild för nästa generation skandinaviska personvagnar och är i grunden baserad på massproducerade konstruktioner från tysk spårfordonsindustri för höga hastigheter.

Foto: Leif Jørgensen, december 2013, Wikipedia

DSB står, liksom järnvägen i Norge och Sverige, inför ett mycket intressant och viktigt vägval för nästa generation fjärrtåg för hastigheter uppemot 250 km/t. En vanlig lösning vid dessa hastigheter är användandet av specialkonstruerade fjärrtåg (Shinkansen, TGV, ICE, AGV etc), men dessa har mycket höga investeringskostnader per sittplats räknat (uppemot 400 tdkr per säte). Samtidigt är dessa fjärrtåg ofta mycket trånga invändigt.

Skillnaden mellan danska regional- och fjärrtåg är redan idag marginell. Samtidigt bör frågan om topphastighet tonas ned och fokus istället riktas mot högre medelhastigheter, högre komfort, lägre biljettpreiser och - inte minst- färre förseningar. I en tid av klimatkris måste en betydande del av resandet ske med eldrivna tåg. Banunderhållet måste få en mer förebyggande karaktär och långa avstängningar under långa perioder p g a "spårbyte" och "banunderhåll" måste reduceras till ett minimum. Avstängda banor kostar pengar och, inte minst, förtroendekapital. Resenärerna tröttnar och väljer istället bilen.

Artikeln har skildrat utvecklingen främst den tekniska utvecklingen av lokdragna fjärrtåg i Västtyskland under 1970- talet för farter uppemot 250 km/t. Sådana standardtåg behöver inte kosta mer än 148 tdkr per säte räknat, jämfört med 400 tdkr som föreslås för Fremtidens tog. Men prisnivåer neråt 148 tdkr per säte är inte bara intressanta för Danmark, men även för de två övriga skandinaviska länderna, som under decennier har köpt in mycket dyrbara tågsätt.

Tomas Larsson
Stockholm

Författaren började sin karriär som planeringsingenjör inom Statens Järnvägar (SJ). Efter en tid som planeringsingenjör inom vägväsendet under studietiden börjar förf. arbeta som controller inom industrin, senare som marknadsanalytiker. Inför folkomröstningen 2003 om Sveriges framtida valuta arbetade förf. för ett bibehållande av kronan och 2004 arbetade förf. för Junlistan. Under ett halvårs studier 1991...1992 i södra Tyskland väcktes intresset för tysk industri och politik. Förf har skrivit ett flertal debattartiklar, bland annat en för Berlinske (penningpolitik). Numera arbetar förf. som konsult inom energibranschen. Författaren är inskriven på www.jernbanen.dk.

Översikt konventionella ellok för 200+ km/t

Allmänt

beteckning	119 (f d E19)	103.0 (f d E03)	103.1 (f d E03)	120.0 (f d E120)	1116 "Taurus"
operatör	DB	DB	DB	DB	ÖBB
nation dito	Tyskland	Västtyskland	Västtyskland	Västtyskland	Österrike
antal lev	2 st	4 st	143 st	5 st	282 st
första lev år	1940	1965	1971	1979	1999
tillv mek del	Henschel	Henschel	Henschel	Henschel	Siemens
			Krauss Maffei	Krauss Maffei	
			Krupp	Krupp	
tillv el del	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens
			BBC	BBC	
			AEG	AEG	
axelarr	1 Do 1	Co- Co	Co- Co	Bo- Bo	Bo- Bo
vikt	110,7 t	110,0 t	114,0 t	84,0 t	88,0 t
största axellast	20,4 t	18,3 t	19,0 t	21,0 t	22,0 t
max dragkraft	212 kN	320 kN	318 kN	290/340 kN	300 kN
topphastighet, godk	180 km/t	200 km/t	200 km/t	200 km/t	230 km/t
Konstr hast	225 km/t	250 km/t	250 km/t	280 km/t	(357 km/t)
Effekt/ vikt	31,2 kW/t	54,1 kW/t	65,3 kW/t	52,4 kW/t	72,7 kW/t

Kaross

längd över stötytor	16 920 mm	19 500 mm	19 500/20 200	19 200 mm	19 280 mm
boggjavstånd	(2)	9 600 mm	9 600 mm	10 200 mm	9 900 mm
höjd korg	3 900 mm	3 862 mm	3 862 mm	3 930 mm	
korgbredd	3 110 mm	3 090 mm	3 090 mm	3 000 mm	
typ av koppel	skruvkoppel	skruvkoppel	skruvkoppel	skruvkoppel	skruvkoppel
utvändig yta	slät plåt	slät plåt	slät plåt	slät plåt	slät plåt
utvändig färg	vinröd	beige	beige	beige	vitt
		vinrött	vinrött	vinrött	rött

Boggier

typ av motorboggi	(ramverk)	tremotors	tremotors	tvåmotors	tvåmotors
spårvidd	1 435 mm	1 435 mm	1 435 mm	1 435 mm	1 435 mm
axelavstånd	(2)	2 250 + 2 250	2 250 + 2 250	2 800 mm	3 000 mm
hjul diameter- nytt	1 600 mm	1 250 mm	1 250 mm	1 250 mm	1 150 mm
	1 100 mm (löp)				
primärfjädring	bladfjädring	spiral fjäder	spiral fjäder	spiral fjäder	spiral fjäder
sekundärfjädring		spiral fjäder	spiral fjäder	spiral fjäder	spiral fjäder
broms	blockbroms	blockbroms	blockbroms	blockbroms	skivbroms
	reostatisk	reostatisk	reostatisk	regenerativ	regenerativ
				reostatisk	

Elutrustning

kontaktledningsspänning	15 kV AC	15 kV AC	15 kV AC	15 kV AC	25 kV AC
					15 kV AC
max kont effekt	3 460 kW	5 950 kW	7 440 kW	4 400 kW	6 400 kW
spänning samlingskena		1 000 V AC	1 000 V AC	1 000 V AC	1 000 V A
					1 500 V AC
max effekt samlingskena (1)		720 kW	720 kW	900 kW	900 kW

(1) = effektfaktor 1

(2) = 2 800 + 2 100 + 2 100 + 2 800 mm

Översikt standardvagnar för 250 km/tAllmänt

Beteckning	Apmz 122	Bpmz	Bvmz 185
Klass	1	2	2
Operatör	DB	DB	DB
Nation dito	Västtyskland	Västtyskland	Västtyskland
Tillverkare	Wegmann	LHB	LHB
	Waggon Union	Waggon Union	Waggon Union
Första leveransår	1975	1978	1988
Tomvikt	45,0 t	42,0...43,5 t	50,6...51,2 t
Tillverkningsland	Västtyskland	Västtyskland	Västtyskland
Standard	UIC 567	UIC 567	UIC 567
Antal levererade	35 st	540 st	
Max hastighet godkänd	200 km/t	200 km/t	200 km/t
Konstruktionshastighet	250 km/t	250 km/t	250 km/t

Kaross

Längd över stötytor	26 400 mm	26 400 mm	26 400 mm
Korglängd	26 100 mm	26 100 mm	26 100 mm
Boggjavstånd	19 000 mm	19 000 mm	19 000 mm
Höjd över tak	4 050 mm	4 050 mm	4 050 mm
Korgbredd	2 825 mm	2 825 mm	2 825 mm
Korgmaterial	stål	stål	stål
Typ av koppel	skruvkoppel	skruvkoppel	skruvkoppel
Utvändig yta	slät plåt	slät plåt	slät plåt
Utvändig färg	beige	beige	vit
	vinrött	oceanblå	rosa
			rött
Typ av entrédörr	svängskjut-	svängskjut-	svängskjut-
Inklätt underrrede	ja	ja	ja

Boggier

Boggibeteckning	MD 36	MD 522	MD 522
	MD 525		
Spårvidd	1 435 mm	1 435 mm	1 435 mm
Axelavstånd	2 500 mm	2 500 mm	2 500 mm
Hjuldiameter- nytt	980 mm	920 mm	920 mm
Primärfjädring	spiralfjäder	spiralfjäder	spiralfjäder
Sekundärfjädring	spiralfjäder	spiralfjäder	spiralfjäder
Broms	skiv-	skiv-	skiv-
	magnet-	magnet-	magnet-

Elutrustning

Antal faser samlingskena	1	1	1
Boggigenerator	nej	nej	nej
Klimatanläggning	ja	ja	ja

Inredning

Klass	1	2	2
Typ av inredning	salong	salong	salong/kupé
Antal säten	51 pl	80 pl	64 pl
Säten i bredd	2 + 1	2 + 2	3
			2 + 1
Stolavstånd	117 cm	94 cm	94...100 cm
Antal ingångar per sida	2 st	2 st	2 st