

Bilaga 5. Tunnelbana, spårväg, stombuss eller BRT?

Innehållsförteckning:

Bakgrund.....	2
Spårväg.....	2
Stombuss och BRT	4
Tunnelbana	7
Kapacitet	8
Komfort.....	8
Kostnad	9
Restid	9
Turtäthet.....	10

Bakgrund

Dagens stomtrafik utgör ryggraden i Stockholm innerstads kollektivtrafik och består av stombussar, spårväg och tunnelbana. Det har även under 2010 genomförts en förstudie av en BRT¹-linje. Vad är då skillnaderna mellan dessa transportslag?

Vi utgår från att framkomligheten för samtliga transportslag kan bli densamma, och beskriver utifrån detta skillnader i kapacitet, komfort, kostnad, restid och turtäthet.

Spårväg

Spårvägen är ett mycket flexibelt trafikslag. Den kan gå i blandtrafik i stadsgator, på reserverat eller upphöjt utrymme i gator, på gånggator, genom cirkulationsplatser, genom grunt vatten (om rälerna når över vattenytan), i gräsmattor (grässpår), och på egen banvall med räler av järnvägstyp. Med så kallade duospårvagnar kan trafiken även gå på vanliga järnvägar och där samsas med person- och godståg.

Spårvägar har funnits i en mängd städer runt om i världen från 1800-talet och fram till i dag. Den första elektriska spårvägen öppnade i Berlin 1881. Från 1930-talet till 1970-talet lades många spårvägssystem ned runt om i världen. Spårvägen sågs då som ett omodernt system som skapade framkomlighetsproblem för den växande bilismen. Trafiken ersattes med bussar, eller i större städer med tunnelbana. I USA, Storbritannien och Frankrike försvann flertalet system, medan spårvägen i många fall levde vidare i Nederländerna, Schweiz, Tyskland och Östeuropa. I Sverige lades flertalet system ned mellan andra världskrigets slut och 1973 (Limhamnslinjen i Malmö). Endast Göteborg och Norrköping satsade på att behålla och utveckla spårvägen. I Stockholm försvann alla innerstadslinjer vid högertrafikomläggningen 1967, men förortslinjerna Nockebybanan och (Södra) Lidingöbanan har levt kvar till våra dagar.

Från 1970-talet har spårvägen upplevt en renässans. I Tyskland moderniserades befintliga system redan från 1950-talet och framåt. Spårvagnarna fick högre standard och högre hastigheter, och framför allt större kapacitet genom att göras allt längre. Dessa system kallades Stadtbahn, vilket har översatts till svenska med stadsbana eller snabbspårväg. I USA infördes år 1972 termen light rail som en engelsk motsvarighet till Stadtbahn. De första nya systemen i Nordamerika öppnades i Edmonton 1978, Calgary 1981 och San Diego 1981.

1985 öppnades i Nantes det första nya spårvägssystemet i Frankrike. 1987 följde ett system i Grenoble. Här introducerades för första gången

¹ BRT står för Bus Rapid Transit och står för högutvecklade bussbanor

lågolvspårvagnar, som möjliggjorde plant insteg från hållplatsplattformar. Numera finns spårväg i drygt tjugo franska städer, och de franska systemen har varit mycket inflytelserika när det gäller spårvägens integrering i stadsmiljön.

Ett av de mest framgångsrika systemen startade i Strasbourg 1994 ("Eurotram"). Här var spårvägen ett centralt inslag i ett radikalt stadsförnyelseprojekt. Gator med genomfartstrafik i stadskärnan omvandlades till kombinerade spårvägs- och gågator, och stora infartsleder byggdes om från fyra till två körfält för att lämna plats för spårvägen och minska biltrafiken. Spårvägar finns nu i nästan 400 städer runt om i världen, varav cirka 100 system har öppnats sedan 1980. Spårväg används i den här rapporten som en samlingsbeteckning för stadsspårväg, snabbspårväg, light rail, med flera begrepp.

Framdrivningssystem - spårväg

Spårvagnar drivs vanligen på likspänning, exempelvis 750 V, som matas från en kontaktledning som hänger över spåren. Kontaktledningen kan ges en enklare utformning än för järnvägar, och kan utformas utan bärlina. I stadsmiljö kan kontaktledningen fästas i husfasader och därmed utformas mycket diskret.

Duospårvagnar (även kallade kombispårvagnar) betecknar spårvagnar med dubbla energisystem. De finns i två varianter. Den ena varianten ("AC/DC") kombinerar likspänning i stadsmiljö med hög växelspanning som finns på järnvägar (i Sverige 15 kV, 16 2/3 Hz). Den andra varianten ("Diesel/DC") kombinerar likspänning i stadsmiljö med dieseldrift som kan användas på oelektrifierade järnvägar.

Det finns även system för att på kortare eller längre sträckor klara sig utan kontaktledning. Det är speciellt intressant på estetiskt känsliga sträckor i historiska stadsmiljöer.

I Nice körs spårvagnar från Alstom på batteri på sträckor upp till 400 meter. I Mannheim har Bombardier försökstrafik med spårvagnar med superkondensatorer. Alstom har försökstrafik med spårvagnar med svänghjul i Rotterdam. Under 2010 väntas Bombardier presentera systemet Primove för modellen Flexity. Energiöverföringen sker trådlöst via induktion från banvall till fordon.

Alstom har utvecklat systemet APS (av franska alimentation par le sol, engelska ground-level power supply, ungefär elektricitet från marknivå), som bygger på korta strömskenor i marken som bara är spänningssatta när en spårvagn befinner sig över dem. Sträckorna behöver därmed inte spärras av, i motsats till tunnelbanor som också använder sig av strömskena. APS finns sedan 2003 på estetiskt känsliga sträckor i Bordeaux i Frankrike, där man inte ville sätta upp en kontaktledning. Flera andra städer planerar eller överväger

att använda sig av APS. I Dubai planeras en 14 km lång sträcka som kommer att ha APS hela vägen. Tilläggs bör att APS är starkt kostnadsdrivande.

Stombuss och BRT

Modern busstrafik har funnits sedan 1920-talet. Bussens styrka är att den kan framföras (i stort sett) på alla sträckor där övrig vägtrafik finns. Massbilismen har under 1900-talet inneburit en enorm utbyggnad och upprustning av vägnätet i alla industrialiserade länder. Det fanns en utbredd uppfattning att spårvägstrafik var omodernt, och utgjorde ett hinder för vägtrafiken. I "bilsamhället" blev därför busstrafiken den dominerande formen av kollektivtrafik. Spårtrafik, med dess högre kapacitet, var fortfarande nödvändig i större städer, men skulle då helst framföras underjordiskt som tunnelbana.

Men bussens flexibilitet är också dess stora nackdel eftersom det gör att den ofta saknar strukturerande egenskaper. Under de senaste decennierna har det därför gjorts flera försök att utveckla system för busstrafik som delar några av spårtrafikens typiska egenskaper, såsom högre kapacitet, högre reshastighet och högre punktlighet.

Prioriterad busstrafik beskrivs ofta med devisen "tänk spårväg – kör buss". I princip ska bussen alltid ges företräde för att i möjligaste mån aldrig stå stilla, förutom vid hållplatsuppehåll. Detta kan uppnås genom att ge bussen separerat utrymme i egna körfält eller helt egna vägar. Vid möten med övrig trafik ges bussen alltid företräde med hjälp av signalprioritering, det vill säga trafiksignaler som känner av när bussen kommer och ger bussen grönt ljus och korsande trafik rött ljus.

I Sverige används ofta termen stombuss om snabba busslinjer med raka sträckningar och relativt glest mellan hållplatserna. Stombusslinjer trafikeras i allmänhet med ledbussar, så som i Stockholm (18 m). I Göteborg förekommer trafik med dubbelledbussar (24 m).

I franska Nantes finns sedan 2006 BusWay, som är ett mycket ambitiöst exempel på prioriterad busstrafik, som kombinerades med omfattande stadsförnyelse liknande den som brukar ackompanjera franska spårvägsprojekt.

I nederländska Utrecht har prioriterad busstrafik tillämpats mycket konsekvent. Här finns sammanlagt 7 km reserverade körfält i vägmitt och bussvägar. Trafiken sker med dubbelledbussar.

Bus rapid transit beskrivs ofta med devisen "tänk tunnelbana – kör buss". Bus rapid transit utvecklades ursprungligen under 1970-talet i Latinamerika som ett billigare alternativ till tunnelbana. Ett fullfjädrat BRT-system är helt trafikseparerat, och har enbart planskilda korsningar. Bussarna har dörrar på båda sidorna vilket möjliggör mittplattformar. Bussarna har hög kapacitet och

är ofta dubbelledade, vilket gör dem cirka 24 meter långa eller längre. Biljettvisering sker före ombordstigning, till exempel i en spärrlinje av tunnelbanemodell. Vissa BRT-system har fyra körfält, vilket gör att expressbussar kan köra om bussar som stannar vid varje hållplats.

I Stockholmsregionen har BRT-konceptet utvecklats till att omfatta följande nio önskvärda målstandarder för hur en BRT-linjen ska planeras:

1. **Linjedragning och samhällsplanering.** I befintlig och ny bebyggelse sker linjedragning rakt igenom och mitt i bostads- och stadsområden.
2. **Stadsmiljö.** BRT är ett system som verkar i marknivå vilket innebär att det har stor inverkan på stadsmiljön och ska ses som ett stadsbyggnadselement.
3. **Stationsavstånd.** En BRT-linje stannar vid bytespunkter/stationer med minst 600 påstigande per dygn och med ett stationsavstånd på minst 800 m.
4. **Stationer av hög kvalitet.** Stationerna är bemannade och utformade som mötesplatser som inbjuder till uppehåll.
5. **Trafikantcirkulation.** För att få en bra trafikantcirkulation har alla stationer förvisering av färdbevis. På- och avstigning i samtliga dörrpar ökar tidseffektiviteten samt punktligheten.
6. **Reserverat utrymme och signalprioritering.** En BRT-linje har alltid full signalprioritet i alla korsningar (100 %) eller planskildhet. Reserverat utrymme betyder att BRT-linjen har egna bussvägar eller reserverade körfält avskilt med fysiskt hinder på hela sträckan.
7. **Turtäthet.** Med en hög turtäthet (minst 7,5 minuters trafik) ökar enkelheten och pålitligheten för resenärerna.
8. **Fordon och drivsystem.** Ett BRT-fordon är ett fordon med ny egen design och med minst 70 sittplatser ombord. Det är alltid plant insteg vid stationerna eftersom tillgänglighet är ett baskrav. BRT-fordon går på el och är därför tysta med mjuk acceleration.
9. **Identitet, design och utformning.** För att skapa attraktiv kollektivtrafik behövs ett varumärke byggas upp kring BRT-systemet. BRT-systemet får en egen logga och markeras tydligt i SL:s linjenätskartor.

Fordonstyper av buss

Ledbussar är den vanligaste stombusstypen i Sverige och tillverkas i många utföranden och av olika tillverkare. Ledbussar finns både som låggolvsbussar och som bussar med högt insteg och är cirka 18 meter långa.

Låggolvsbussarna har färre säten än höggolvsbussarna då hjulhus och motorer tar upp plats inuti bussen. Bussar med högt insteg har större flexibilitet vad gäller utformningen av sittplatserna men brister i tillgänglighet.

Dubbelledbuss har funnits på den Europeiska marknaden sen början av 2000-talet, i Sverige finns dubbelledbussar från Volvo som ovan nämnt i Göteborg. Dubbelledbussar är vanligtvis runt 24 meter långa, med det finns bussar som är upp emot 28 meter långa i några sydamerikanska städer. Längden gör att det krävs särskilt tillstånd för trafik på det svenska vägnätet. Dubbelledbussar

trafikerar främst stomlinjer där vanliga ledbussar inte klarar av den efterfrågade kapaciteten. Dubbeldbussar har samma krav som ledbussar vad gäller gaturummets utformning men kräver på grund av sin längd längre hållplatser än vanliga ledbussar.

Dubbeldäckare är en buss med två våningsplan som sammanbinds med en trappa inne i eller på utsidan av bussen. Dubbeldäckare kan variera i längd mellan 9 till 15 m och de finns även som ledbussar. Nyttillverkade dubbeldäckare är oftast runt 13,5 m långa. Dubbeldäckare förekommer främst i Storbritannien och dess forna kolonier i Asien. Dubbeldäckare är även vanliga som turist- och sightseeingbussar över hela världen. Kännetecknande för dubbeldäckare är att de vanligtvis har fler sittplatser än ståplatser ombord.

Bussar med släpvagn förekommer idag inte i Sverige men finns på flera håll i Europa. Bussar med släp återintroducerats i Tyskland år 2003 och används där främst som skolbusslinjer. Andra användningsområden är t ex då snabb förstärkning behövs i samband med sportevenemang och liknande. Buss med släp har fler sittplatser än en ledbuss av samma längd och släpet håller längre än en vanlig buss i och med att det inte rullar lika mycket. Släpvagnen har ingen motor utan dras bara av bussen framför.

Framdrivningssystem - buss

Bussar drivs vanligen på fossila bränslen, traditionellt diesel, men kan drivas av en mängd andra drivmedel såsom biogas, etanol, RME, hybridvarianter och med el - antingen via batterier eller som trådbuss.

Eldrift via kontaktledning har förekommit sedan tidigt 1900-tal, och benämns trådbuss. Alla busstyper som ovan nämnts kan utformas som trådbussar. För spårvagnar sker återledning av strömmen till kontaktledningen genom rälererna. Detta är inte möjligt för trådbussar, som därför har dubbla strömavtagare, vilket kräver en dubbel kontaktledning. Vanligen förses fordonet med en jordfläta som släpar på vägen, för att fordonet inte skall bli strömförande om den ena strömavtagaren hoppar av. Moderna trådbussar har alltid batterier, eller en mindre förbränningsmotor, för drift utan kontaktledning på korta sträckor. I Sverige finns trådbussar endast i Landskrona men i övriga Europa är de mer vanligt förekommande. Det finns omkring 350 trådbussystem i världen. Trådbussar är tysta och miljövänliga och har en mjukare gång än diesalbussar. Med trådbuss är linjedragningen inte lika flexibel som för bussar som körs på andra drivmedel vilket kan ses som en nackdel. Den fasta linjedragningen är trots detta en viktig fördel med tanke på långsiktighet, tydlighet och därmed strukturerande egenskaper som linjesträckningen får.

Duobussar har dubbla energisystem i likhet med duospårvagnar. En duobuss drivs elektriskt där kontaktledning finns utbyggd, men kan även köras på diesel där kontaktledning saknas.

Det finns även batteribussar som kan köra kortare sträckor på batterier, hybridbussar som har både elmotor och explosionsmotor för fossila bränslen, samt gyrobussar där energi lagras i svänghjul.

Tabell 0-1 Framdrivningssystem för olika busstyper

	Drivmedel
Ledbuss	Diesel, Biogas, Naturgas, Etanol, RME, Hybrid, El
Dubbelledad buss	Diesel, RME, biogas, El
Dubbeldäckare	Diesel, Hybrid, El
Buss med släpvagn	Diesel, Biogas, Naturgas, Etanol, RME, Hybrid, El

Tunnelbana

Tunnelbanan är det kollektivtrafiksystem som har störst kapacitet. Den första tunnelbanan byggdes 1863 i London, den ångdrivna Metropolitan line. Nästföljande städer var Budapest, Glasgow, Paris, Berlin och New York. Efter andra världskriget har tunnelbanan spridits över hela världen. Sverige och Stockholm fick sin första tunnelbana i oktober 1950. Idag finns tunnelbanesystem i 44 länder och cirka 100 städer. Stockholm har Sveriges enda tunnelbana med i dagsläget tre linjer, den gröna, röda och blåa linjen. Sammanlagt trafikeras 10 mil och 100 stationer med tunnelbana i Stockholm vilket gör att den ligger på 22:a plats bland världens tunnelbanor.

Tunnelbanan liknar i sin utformning mer järnvägen än spårvägen. Formellt räknas den dock som en sorts spårväg i Sverige. Tunnelbanan, eller metro som det ibland kallas, går på avskilt spår från annan trafik och kan gå i tunnel samt ovan jord på balkar, banvallar eller viadukter. Tunnlar och balkar används oftast där det redan finns tät stadsbebyggelse medan man i mindre tät bebyggda områden ofta bygger tunnelbanan ovan jord. Tunnelbanans stationer blir stora både på grund av de långa tågen och ytkrävande kommunikationsvägar i och med att stationerna antingen ligger under jord eller upphöjd över gatunivån. Hållplatsavståndet är normalt kring en kilometer.

Tunnelbanan går separerat från annan trafik för att skapa snabba förbindelser utan att störas av den övriga trafiken. Det finns inga plankorsningar med väg. Detta gör att framkomligheten är hundraprocentig. På vissa ställen finns dock en blandning med pendeltågstrafik, till exempel i London, eller med spårvagnstrafik, till exempel i Oslo och Amsterdam. Inom systemet utgör varje linje ett eget dubbelspår så att de inte hindrar varandra. Dock finns förgreningar i förorterna, som helst ska utföras som planskild anslutning. Flexibiliteten är mycket liten vad gäller omläggning av linjer och integration i bebyggelsen. Den låga graden av flexibilitet innebär att tunnelbanan bidrar till en strukturerad samhällsutbyggnad. Tunnelbanesystemet har i många städer varit en viktig del i styrandet av stadsutvecklingen genom att staden har

utvecklats längs tunnelbanans stationer. Ett bra exempel för detta är förorterna i Stockholm.

Framdrivningssystem - tunnelbana

Systemet drivs med elektricitet, vanligast på likspänning, antingen från kontaktledning eller från en så kallad tredjeskena i höjd med rälererna. Tunnelbanor kan antingen köras med förare eller automatiskt utan förare. En automatisk tunnelbana kan ha högre turtäthet utan att driftkostnaderna ökar genom att förarkostnaden bortfaller. Det finns även tunnelbanor som rullar på gummihjul istället för stålhjul.

Kapacitet

Kapacitet hos ett kollektivtrafiksystem beror dels på turtätheten men även på antal passagerare som ryms i fordonet. I **Tabell 0-2** redovisas kapaciteten för olika fordonsslag vid 5 minuters trafik.

Tabell 0-2 Kapacitet för olika fordonsslag (exempel för Stockholm)²

Trafikslag	Passagerare/ fordon (stående och sittande)	Kapacitet (resenärer/timme)
Stombuss	110 – 125	1 320 – 1 500
BRT	120 – 180	1 440 – 2 160
Stadsspårvagn (40-meters)	Ca 250	3 000
Snabbspårvagn (30 x 2 meter)	Ca 420	5 040
Tunnelbana (46,5 x 3 meter)	Ca 1 060	12 720

Komfort

Bekvämligheten hos bussar styrs till stor del av möbleringen av fordonet men även i hög grad av förarens beteende, linjedragningen och körbanans skick. Ett ryckigt körsätt med mycket svängar och dålig stötdämpning minskar komforten för resenärerna oavsett hur bekväma sätena är.

Stombussar har antingen upphöjt insteg eller plant insteg. Låggolvsbussar med plant insteg ger delvis upphöjda säten med trappsteg inne i bussen, detta för att anpassa möbleringen till hjulhus och motorer. Bussar med upphöjt insteg har däremot större frihet i placeringen av sätena men är sämre ur tillgänglighetssynpunkt.

En eldriven buss har högre flexibilitet för möbleringen än traditionella bussar då motorn inte är lika otymplig vilket gör att komforten ökar. Eldrift ger mjukare gång men förarens körbeteende och körbanans skick är fortfarande avgörande för den övergripande bekvämligheten. BRT-bussar har ofta

² Litteratursammanställning över kollektivtrafiksystem Trivector Rapport 2008:26
Version 1.0

tekniska hjälpmedel som styr in bussen till hållplatserna vilket gör att på- och avstigning alltid sker bekvämt i plan.

Hos en spårvagn saknas hjulhus och skrymmande motorer helt vilket gör att möbleringen inte blir styrd av dessa. Spårstyrningen bidrar till en jämnare gång, jämfört med buss särskilt i sidled, vilket ökar komforten. Pådraget hos spårfordon är reglerat vilket automatiskt leder till samma acceleration oberoende av hur många resenärer som finns i fordonet. Tunnelbanan liksom spårvagn har hög komfort då den kan köras mjukt och stopp endast sker på stationerna. Möbleringen av vagnarna kan ske med stor variation och styrs endast av dörrarnas placering.

Kostnad

Kostnader för kollektivtrafiksystem kan delas upp i investeringskostnader samt drifts- och underhållskostnader. Investeringskostnaderna är engångskostnader och består av ny infrastruktur samt fordon. I drift- och underhållskostnader ingår bland annat kostnader för förare, drivmedel och hållplatser/stationer. I **Tabell 0-3** redovisas ungefärliga kostnader för olika trafikslag baserade på erfarenhetsvärden från Sverige och andra länder.

Tabell 0-3 Kostnader för olika trafikslag³

Trafikslag	Investering		Drift och underhåll
	Fordon	Infrastruktur	
Stombuss	3 Mkr	100-200 kr/m, målning av körfält	25 – 30 kr/vagnkm
		8-12 kkr/m enkel bussgata	
BRT	6 – 8 Mkr	10 – 70 kkr/m	25 – 30 kr/vagnkm
Stadsspårväg*	20 – 40 Mkr	30 – 70 kkr/m (bana inkl. elsystem)	25 – 30 kr/vagnkm (exkl. banunderhåll)
Tunnelbana	30 Mkr	1 – 1,4 Mkr/m	67 kr/vagnkm

* Avser ej Tvärbanan

Restid

Restiden beror av sträckans längd, restidshastighet och hållplatsavstånd men även av vilken typ av prioritering kollektivtrafiksystemet har givits. Andra faktorer som påverkar är påstigningsförfarandet (genom alla dörrar eller enbart vid föraren) samt system för betalning (av föraren eller genom förvisering). I **Tabell 0-4** redovisas restidshastigheterna för olika trafikslag.

Tabell 0-4 Restidshastighet för olika trafikslag

Trafikslag	Restidshastighet km/h
------------	-----------------------

³ Litteratursammanställning över kollektivtrafiksystem Trivector Rapport 2008:26 Version 1.0, SL, PLAN-rapport 2007:8, Utveckling av stomtrafiken i Stockholms innerstad

Stombuss	15 – 25
BRT	20 – 35
Spårväg	15 – 25
Tunnelbana	30 – 50

Turtäthet

Maximal turtäthet avgörs av när trafiken blir så tät att störningar lätt uppstår. Hållplatserna är en begränsande faktor, normalt bör trafiken inte gå tätare än det längsta hållplatsstoppet. Mer begränsande är dock inte sällan signalsystemet – i tunnelbanan och på Tvärbanan handlar det om skydd mot kollision mellan spårfordonen i sig; på busslinjer och stadsspårvägar handlar det om de vanliga trafiksignalerna.

Signalsystemen i tunnelbanan och på Tvärbanan möjliggör turtätheter på nedmot 1,5–2 minuter. För störningsfri drift bör tågen inte gå tätare än varannan minut.

För prioriterade stombussar som går i blandtrafik ger turtätheter under 5 minuter ofta problem med s.k ”bus bunching” dvs. att bussarna kör i kapp varandra och anländer flera samtidigt till en hållplats. Stombussarna i Stockholms innerstad har därför en turtäthet på mellan 5-8 minuter under högtrafik och 10-15 minuter i lågtrafik. För busslinjer och stadsspårväg på egen bana är det plankorsningar med övrig trafik som avgör maximal turtäthet. Kollektivtrafikfordonen bör inte passera en signalreglerad korsning oftare än signalens omloppstid. Annars ökar risken för överbelastning i trafiksystemet, med köbildning som följd (i korsningar med signalprioritet för kollektivtrafiken handlar det om köbildning för korsande biltrafik; i korsningar utan signalprioritet handlar det om köbildning i kollektivtrafiken). Normal omloppstid i en vanlig signalreglerad korsning är ofta omkring en minut.

Kollektivtrafikfordonen bör alltså inte passera korsningen oftare än en gång i minuten. Detta innebär ett fordon varannan minut i respektive riktning. Samma gränsvärden för stomtrafikens turtäthet kan alltså användas oavsett trafikslag: minst 7,5-minuterstrafik och max 2-minuterstrafik.