

# **En övergripande jämförelse mellan enskilda och samordnade upprustningar – en fallstudie vid Storstockholms Lokaltrafik**

Helena Enhamre

Copyright ©

Helena Enhamre, 2011  
Institutionen för byggvetenskaper  
Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Tryckt av Media-Tryck 2011

ISRN LUTVDG/TVBP-10/5407-SE

Lunds Tekniska Högskola  
Institutionen för byggvetenskaper  
Byggproduktion  
Box 118  
221 00 Lund

Telefon: 046-222 74 21  
Telefax: 046-222 44 20

Epost: [bekon@bekon.lth.se](mailto:bekon@bekon.lth.se)  
Hemsida: [www.bekon.lth.se](http://www.bekon.lth.se)

## Sammanfattning

- Titel:** En övergripande jämförelse mellan enskilda och samordnade upprustningar – en fallstudie vid Storstockholms Lokaltrafik
- Författare:** Helena Enhamre
- Handledare:** Anne Landin, avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola  
Mattias Wäppling och Martin Lindahl, Storstockholms Lokaltrafik
- Problemställning:** Detta examensarbete ska ge svar på vilka fördelar respektive nackdelar som enskilda och samordnade upprustningar i Stockholms tunnelbana har samt vilka lärdomar som kan dras från tidigare genomförda upprustningar.
- Syfte:** Syftet med detta examensarbete är att klargöra vilka skillnader som enskilda och samordnade upprustningar innebär. Detta för att alltid genomföra ett så bra arbete som möjligt när det gäller såväl resenärsperspektiv, tillgänglighet, säkerhet, miljö som ekonomi.
- Metod:** För att få bakgrund och teorikunskaper har litteraturstudier gjorts i ämnet. För att i fallstudien få mer information om SL har intervjuer gjorts och interna rapporter studerats.
- Slutsatser:** De samordnade upprustningarna som hittills genomförts har varit både företags- och samhällsekonomiskt lönsamma, detta betyder dock inte att samordnade upprustningar alltid är att föredra.
- Oavsett upprustningstyp är det alltid viktigt att få in resurser som tänker på säkerhet, miljö och tillgänglighetsanpassning.
- Tanken med samordnade upprustningar – att inte störa resenärerna i onödan – är helt rätt.
- Nyckelord:** Upprustning, Enskild, Samordnad, Jämförelse, Tunnelbana



## Abstract

- Title:** An overall comparison of individual and coordinated renovations – a case study at the Stockholm Public Transport
- Author:** Helena Enhamre
- Supervisor:** Anne Landin, Department of Construction Management, Lund Institute of Technology  
Mattias Wäppling och Martin Lindahl, Stockholm Public Transport
- Problem issue:** This study aims to find out what advantages and disadvantages are connected with individual and coordinated renovations in the Stockholm underground, and what lessons can be learned from previous renovations.
- Purpose:** The purpose of this study is to clarify the differences between individual and coordinated renovations. The aim is to always implement such a good job as possible in terms of passenger perspective, accessibility, safety, environment, and economy.
- Method:** In order to obtain background and theory of knowledge studies have been made of the literature on the subject. For the case study, in order to achieve more information about what the Stockholm Public Transport has done, interviews were conducted and internal reports have been studied.
- Conclusions:** The coordinated renovations that have been implemented so far have been profitable, this does not mean that coordinated renovations always are to prefer.
- Regardless of the kind of renovation, it is always important to include resources skilled in safety, environment, and accessibility adaptation.
- The idea of coordinated renovations – not to disrupt the traveling public unnecessarily – has great merit
- Keywords:** Renovation, Individual, Coordinated, Comparison, Underground



## Förord

Detta examensarbete är den avslutande delen av min utbildning till civilingenjör i Väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har utförts under vintern 2010/2011 vid Storstockholms Lokaltrafik.

Det har varit mycket intressant och lärorikt att genomföra denna studie. Jag har fått en förståelse för det enorma underhållsarbete som en anläggning som Stockholms tunnelbanesystem kräver. Genom intervjuer med SL-anställda och konsulter i tidigare SL-projekt har jag även fått lära mig mycket kring tekniken i Stockholms tunnelbana och hur SL:s projekt fungerar.

Jag vill först tacka de som handlett mig – min handledare på skolan Anne Landin samt mina två handledare på SL, Mattias Wäppling och Martin Lindahl, för deras stöd och mycket goda råd. Sedan vill jag även tacka alla på SL och Grontmij som ställt upp på intervjuer och på så sätt gjort detta examensarbete möjligt. Under sommaren 2010 arbetade jag som utredningsassistent åt Pauline Carlborg, som då genomförde en utredning kring huruvida och på vilket sätt nästa samordnade upprustning ska ske. Genom detta arbete fick jag en god första inblick i ämnet samordnade upprustningar. Jag vill tacka Pauline för den goda handledning hon gav mig i det arbete vi utförde tillsammans under sommaren, men även för de nyttiga råd hon gav mig i uppstartsfasen av mitt examensarbete.

Helena Enhamre  
Stockholm 2 maj 2011





# Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	11
2	Begrepp och ordförklaringar.....	15
3	Problemformulering och syfte.....	17
3.1	Problemformulering.....	17
3.2	Syfte.....	17
4	Metod.....	19
5	Teori.....	21
5.1	Resenärers värderingar i kollektivtrafiken.....	21
5.2	Olika typer av nedbrytning.....	22
5.2.1	Laster.....	22
5.2.2	Miljö.....	22
5.2.3	Användning.....	23
5.3	Modeller för tillståndsförändring och driftsäkerhet.....	24
5.3.1	Tillståndsförändring.....	24
5.3.2	Driftsäkerhet.....	24
6	Resultat.....	27
6.1	Insamling av data.....	27
6.2	Uppkomst av behov att samordna upprustningar.....	28
6.3	Enskilda upprustningar.....	29
6.3.1	Miljö.....	29
6.3.2	Säkerhet.....	29
6.3.3	Enskild upprustning – Tillgänglighetsanpassning.....	30
6.4	Samordnade upprustningar.....	30
6.4.1	Miljö.....	30
6.4.2	Säkerhet.....	31
6.4.3	Samordnad upprustning – SU2006 – Fruängsgrenen.....	31
6.4.4	Samordnad upprustning – SU2008 – Farstagrenen.....	31
6.4.5	Samordnad upprustning – SU2011 – Hagsätragrenen.....	32
6.5	Upprustningsbehov hos de olika teknikslagen.....	33
6.5.1	Anläggning.....	33
6.5.2	Spår.....	34
6.5.3	Fastighet.....	34
6.5.4	ICT.....	35
6.5.5	Kraft och belysning.....	35
6.5.6	Signal.....	36
6.5.7	Elkraft tågdrift.....	37
6.6	Tillgänglighetsanpassning i tunnelbanan och vid ersättningstrafik.....	38
6.7	Ersättningstrafik och trafikeringsmöjligheter.....	39
6.8	Ekonomisk empiri.....	40
6.8.1	Konsekvensanalys från förstudie inför SU2008.....	40
6.8.2	Företagsekonomisk jämförelse av upprustningar.....	41
6.8.3	Samhällsekonomisk jämförelse av upprustningar.....	42

7	Analys .....	45
7.1	Resenärsperspektiv.....	45
7.2	Ekonomisk analys .....	46
7.3	Miljö-, arbetsmiljö- och säkerhetsperspektiv samt övriga värderingar.....	48
7.4	Slutsats .....	49
8	Diskussion.....	51
8.1	Diskussion.....	51
8.2	Framtida behov .....	51
8.3	Fortsatt arbete.....	52
9	Referenser .....	53
9.1	Litteratur .....	53
9.2	Interna rapporter.....	53
9.3	Internet .....	54
9.4	Bilder.....	54
	Bilaga 1 - Intervjuer .....	55

# 1 Introduktion

Stockholm har totalt 100 tunnelbanestationer, fördelade på tre olika linjer, röda, gröna och blå, se figur 1. Alla linjer möts vid T-centralen där även SJ:s centralstation för den nationella tågtrafiken lättast nås. Tunnelbanesystemet drivs i regi av Storstockholms Lokaltrafik, SL. Hela tunnelbanenätets totala längd är 105,7 kilometer. Stockholms tunnelbana invigdes 1 oktober 1950, då var det sträckan Slussen – Hökarängen som invigdes. Gröna linjen byggdes sedan vidare under 50-talet och blev färdigställd 1960. Linjen förlängdes sedan med sträckan Bagarmossen – Skarpnäck år 1994. Röda linjen byggdes under 60- och 70-talet, den blåa linjen byggdes under 70- och 80-talet (Alfredsson et al., 2007).



Figur 1. Stockholms Tunnelbanenät (SL, 2010)

Ett transportsystem består av en mängd delkomponenter. För att systemet i sin helhet ska fungera krävs att alla delkomponenter underhålls och sköts på ett effektivt sätt. Ett välplanerat drift- och underhållsarbete, inklusive förnyelsearbete, kräver optimering av de ekonomiska och personella resurserna. Det handlar helt enkelt om att ”göra rätt saker vid rätt tidpunkt” (Silfwerbrand et al, 2001).

Underhåll är relativt ung som vetenskap. Först i slutet av 1990-talet och början av 2000-talet har underhåll blivit ett undervisningsämne. Synsättet på underhåll måste ändras, från att man tittar på kostnaderna för driften och underhållet till att man tittar på värdet som dessa investeringar ger tillbaka. Värdet av underhållet mäts också

bättre i andra aspekter som hälsa, säkerhet och miljö. Det hävdas att rätt underhåll är billigt, då underhållskostnader är låga i förhållande till kostnaderna för tappad produktion, alltså driftstörningar i tågtrafiken i SL:s fall (Espling, 2004).

Underhåll kan delas upp i förebyggande (proaktivt) underhåll och avhjälpande (reaktivt) underhåll. Förebyggande underhåll är mer ekonomiskt fördelaktigt än avhjälpande underhåll. I undantagsfall kan det dock vara mer kostnadseffektivt att låta ett objekt haverera, om objektet inte har någon påverkan på driften och om detta haveri inte heller innebär någon övergripande fara för hälsa, säkerhet och miljö (Espling, 2007).

Trafikverket (tidigare Vägverket) förvaltar hela Sveriges vägnät. De planerar drift- och underhållsåtgärder som de senare vidareutvecklar med investerings- och förbättringsåtgärder. Underhåll består huvudsakligen av långsiktiga åtgärder för att hålla vägstandarden uppe. De kortsiktiga åtgärderna är begränsade och har i syfte att kontinuerligt hålla vägnätet tillgängligt för trafikanterna. Trafikverkets långsiktiga mål är att ha god framkomlighet under säkra förhållanden året runt, både nu och i framtiden (Potucek et al, 2003).

Järnvägen är mycket mer sårbar än vägnätet, då möjlighet till alternativa resvägar är begränsade. Det är ett komplext system som är känsligt för störningar. Fördelen med tågturen trafik finns framförallt i tätbefolkade områden då det är utrymmesbesparande att ha tågturen trafik. Det finns även en stor samhällsekonomisk besparing i att utnyttja tågtrafik (Corshammar, 2005).

Kollektivtrafiken bidrar till en stor samhällsnytta. Genom att resa tillsammans och utnyttja ett mindre antal fordon förbättras vår luftmiljö. Utsläppet av både klimatpåverkande gaser och andra gaser och partiklar minskar. Kollektivtrafik i städer ger även bättre framkomlighet och trivsel. En buss är exempelvis 15 meter lång och rymmer 50 personer, om alla dessa 50 personer skulle sitta i en egen bil skulle det bilda en kö på cirka 250 meter, vilket då kan jämföras med bussens 15 meter. En ökad kollektivtrafikandel bidrar även till att ge befolkningen bättre hälsa. Forskare rekommenderar 30 minuters fysisk aktivitet per dag, något som resenärer i kollektivtrafiken får ”på köpet” då de tar sig till och från det kollektiva färdmedel de reser med (Elvingsson, 2005).

En väl fungerande kollektivtrafik ger en tillgänglighet till samhället för fler människor oavsett samhällsklass. En tredjedel av Sveriges vuxna befolkning har kollektivtrafiken som enda resealternativ. Fler kvinnor och låginkomsttagare använder sig av kollektivtrafiken än höginkomsttagare och män. Med hjälp av en väl fungerande kollektivtrafik ökar även sysselsättningen, samt en möjlighet att transportera sig till en arbets- eller utbildningsplats vilket ger en bättre matchning som i sin tur leder till en ökad tillväxt (Elvingsson, 2005).

”Tid är pengar” är ett välkänt uttryck, och det har sedan länge bedrivits omfattande utredningar kring resenärers värderingar av restiden. I restiden räknar man gångtid, väntetid, åktid och bytestid. I senare studier har man även börjat värdera förseningstid. Vanlig restid värderas till cirka 49 kronor i timmen för resenärer i

kollektivtrafiken. Förseningstiden värderas däremot tre till fem gånger högre beroende på vilket trafikslag resenären färdas med. En försening på 10 minuter värderas alltså lika med en extra restid på 30 till 50 minuter (Resenärsforum, 2006).

Förseningarna i Storstockholms Lokaltrafik har blivit så betydande att även de resenärer som inte själva drabbats av förseningar ändå räknar med en extra tidsmarginal på 8 minuter. Var tionde till var sjätte resenär drabbas av förseningar på i genomsnitt 8 minuter per resa. Detta innebär både stora samhällsekonomiska förluster för Stockholmsområdet. SL får även stora företagsekonomiska förluster på grund av förlorade biljettintäkter på resor som skulle ha gjorts om pålitligheten varit bättre. (Resenärsforum, 2006).

Mellan år 2000 och 2008 har antalet personkilometer som rests med kollektivtrafik ökat med 29 % i Sverige, alla typer av resemiddel har haft en viss ökning. Störst är ökningen av tågresandet, där antalet personkilometer ökat med 78 %, medan antalet personkilometer som rests med tunnelbana har ökat med 12 %. Resandet har totalt sett ökat mer än utbudet av kollektivtrafiken. Antalet utbudskilometer inom både den lokala och regionala kollektivtrafiken har totalt ökat med 7 % (SIKA Statistik, 2009).

Examensarbetet ska jämföra samordnade och enskilda upprustningar av Stockholms tunnelbanenät. Fallstudien har gjorts på Storstockholms Lokaltrafik, men även i andra sammanhang förekommer samordnade upprustningar. Under år 2005 färdigställdes en samordnad upprustning av väg- och tätortsmiljön i centrala Rättvik. Det var ett projekt som Vägverket Region Mitt, Banverket och Rättviks kommun drev gemensamt. Eftersom väg- och järnvägsbyggandet är en viktig del i bebyggelsemiljön valde man att samordna upprustningen. Projektet fick en arkitektonisk kvalitet som innebär att materialval var väl genomtänkta och välfungerande i både byggnader och konstruktioner. Utformningen fick goda proportioner och en balans mellan de ingående delarna, vilket tillsammans gav hela utformningen ett samlat intryck. Dock ifrågasätts vem som tar helhetsansvaret när flera olika parter är inblandade (Gillgren, 2008).

Under enskilda upprustningar tillämpas ibland nattarbete, hur försvarbart det är ur ett hälsoperspektiv kan dock ifrågasättas. Flera studier har gjorts och dokumenterat att skiftarbete ger en förhöjd risk att få kardiovaskulär (hjärt- och kärlsjukdomar). En ny studie visar även att skiftarbetare har större risk att utveckla metabola syndromet, som innebär diabetes i kombination med högt blodtryck och förhöjda blodfetter eller fetma. Detta är om man jobbar med roterande skiftarbete under en längre period på 6 år eller mer (De Bacquer et al, 2009).

Tillgänglighet har blivit allt viktigare i vårt samhälle. FN har i sina standardregler för delaktighet och jämlikhet tryckt på vikten av tillgänglighet. Det här påverkar alla som bygger vårt samhälle, som till exempel kommuner och kollektivtrafik. FN:s regler fick i sin tur Sveriges riksdag att göra slag i saken genom att år 2000 anta en nationell handlingsplan för handikappolitiken. Ett av målen i denna handlingsplan är att samhället ska utformas så att personer med funktionsnedsättning oavsett ålder blir delaktiga i samhällslivet. En av följderna i denna handlingsplan blev en lagändring av Plan- och bygglagen (SFS 2001:146), som innebär att tydliga krav ställs på

tillgänglighet vid både färdigställande och ändring av allmänna platser. Lagen är retroaktiv, vilket betyder att det inte bara innebär nybyggnation utan även att redan befintliga hinder måste undanröjas (Grönwall, 2004).

## 2 Begrepp och ordförklaringar

### **Enskild upprustning**

Med enskilda upprustningar menas alla typer av upprustningar som inte görs samordnade. Det kan vara nattarbete, arbete under enkelspårtrafikdrift eller kortare avstängningar. Dessutom kan det vara upprustningar av enskilda stationer under drift eller avstängning.

### **ICT**

ICT står för Information Communication Technology. ICT innefattar alla teletekniska anläggningar, såsom datanätverken, högtalaranläggningarna, passagesystemen, värmeanläggningarna, biljettsystemet, larmsystemen, SL Access med mera. Läs mer på sidan 35.

### **Omisolering**

Med omisolering menas att man byter ut det isoleringsskikt, som till exempel kan bestå av asfalt, som ligger under skyddsbetongen innan konstruktionsbetongen på en bro. Läs mer på sidan 33.

### **Samordnad upprustning**

På SL har samordnade upprustningar gjorts, dessa har kallats SU. En samordnad upprustning innebär att en sträcka i tunnelbanesystemet stängs av, under den avstängda tiden görs en övergripande renovering som berör alla teknikslag på sträckan. De samordnade upprustningarna har fått namn efter det år de genomförts, till exempel SU2011 – Samordnad upprustning av Hagsätragrenen 2011.





## **3 Problemformulering och syfte**

### **3.1 Problemformulering**

Detta examensarbete ska ge svar på vilka fördelar respektive nackdelar som enskilda och samordnade upprustningar har samt vilka lärdomar som kan fås från tidigare genomförda upprustningar.

### **3.2 Syfte**

Syftet med detta examensarbete är att klargöra vilka skillnader som samordnade upprustningar och enskilda upprustningar innebär. Detta för att alltid genomföra ett så bra arbete som möjligt när det gäller såväl resenärsperspektiv, tillgänglighet, säkerhet, miljö som ekonomi.



## 4 Metod

Detta examensarbete handlar om att jämföra enskilda och samordnade upprustningar ur olika perspektiv. Jämförelsen ska göras ekonomiskt, både företags- och samhällsekonomiskt. Även andra värderingar som miljö- och säkerhetsvikten ska vara med i jämförelsen. Till sist ska även resenärsperspektivet vara en del i jämförandet.

För att få en vetenskaplig bakgrund har olika underhållsstrategier studerats. Då fallstudien gjorts på Storstockholms Lokaltrafik har litteraturstudier gjorts för att förstå betydelsen av en väl fungerande kollektivtrafik, och vilken samhällsnytta som det ger. Litteratur om hur en bristande kollektivtrafik påverkar människor har likaså begrundats. Ett projekt med en samordnad upprustning i Rättvik har studerats för att beakta konceptet samordnade upprustningar och se hur andra aktörer hanterar det. Även hur andra stora förvaltare, som Trafikverket, planerar sitt underhåll har studerats, detta för att få en jämförelse med SL:s värderingar och mål. Närmare har dessutom resenärsperspektivet, med olika resenärers värderingar, studerats.

Fallstudien har gjorts på Storstockholms Lokaltrafik, SL. SL driver hela Stockholms tunnelbanenät, som är en stor anläggning där olika typer av underhåll och upprustningar har tillämpats. Datainsamlingen har skett främst genom intervjuer. Intervjuerna har gjorts för att förstå hur SL:s arbete går till, både under samordnade och enskilda upprustningar. Från intervjuerna har enbart den konkreta informationen utan värderingar inkluderats i studien, de intervjuade personernas egna värderingar har inte tagits med. På SL har även interna rapporter studerats.

För att göra den ekonomiska analysen har interna rapporter från SL studerats. Från rapporterna har väsentliga siffror plockats ut för att värderas. För att komma fram till en slutsats har all indata vägts mot varandra. Teorin kring olika underhållsstrategier och resenärers värderingar har jämförts med olika typer av upprustningar och lösningar av ersättningstrafik. Från intervjuerna har olika fördelar och nackdelar med de olika upprustningarna kommit fram. Även begränsningar som ges av antingen trafiklösningar eller krav på teknik har kommit fram.

De avgränsningar som gjorts i studien är att enbart Stockholms tunnelbanenät har studerats, inga andra trafikslag. Det är dessutom bara den fasta anläggningen som studerats, vilka fordon som används och vilket underhåll de kräver har alltså inte tagits med i studien.



## 5 Teori

### 5.1 Resenärers värderingar i kollektivtrafiken

När trafik ska planeras är det viktigt att ha kunskap om de värderingar som resenärerna har när det gäller resan. En resa i kollektivtrafiken består av flera delar, gång till och från hållplatsen, väntetid på stationen och vid eventuellt byte, samt själva restiden (Kollektivtransport, 2010).

Det är en ökad turtäthet som framförallt påverkar resenärernas värderingar beträffande om reseutbudet blivit bättre. Bland dem som uppgett att turtätheten ökat är det 10 gånger högre sannolikhet att de värderar reseutbudet totalt sett som bättre jämfört med dem som inte uppgett att turtätheten ökat (Kollektivtransport, 2010).

Väntetiden för resenärerna blir kortare när turtätheten ökar. Det är framförallt den dolda väntetiden som blir kortare (Kollektivtransport, 2010). Med dold väntetid menas den väntetid som resenärerna inte tillbringar på stationen utan istället väntar någon annanstans för att anpassa sig till avgångstiden. När turintervallet överskrider 10 minuter så börjar resenärerna anpassa sin ankomst till hållplatsen och då uppstår en dold väntetid (Hydén et al, 2008).

Resenärernas värdesättning ökar med resans längd, ju längre restid desto mer värdesätter man möjligheten att få en kortare resa. Resenärernas värdering av restiden påverkas också av om de får sitta eller stå under resan. I norska undersökningar har det visat sig att restiden för en stående resenär upplevs vara 2,8 gånger mer belastande än för en sittande resenär. En av fördelarna med kollektivtrafik gentemot biltrafik är att resenären får möjlighet att slappna av och kanske läsa tidningen eller en bok, men en förutsättning för detta är då att resenären har sittplats (Kollektivtransport, 2010).

Att behöva stå trångt är också besvärande för resenärer. En resa med trängsel upplevs 1,5 gånger mer belastande än en resa utan trängsel. Även om resenären själv har sittplats så upplevs trängseln i sig som besvärande (Kollektivtransport, 2010).

Byten upplevs som besvärande, både bytet i sig och den tid bytet tar. I genomsnitt anser resenärer att tiden bytet tar är 2,9 gånger mer belastande än restiden när man befinner sig i transportmedlet. Dock är bytet mindre besvärande för dem som reser dagligen än för dem som bara reser någon gång i månaden. Detta på grund av den vana som den dagliga resenären får (Kollektivtransport, 2010).

Väntetid som blir påtvingad på grund av försening är mer irriterande för resenärer än den planerade väntetiden. En betydande orsak till denna ökade irritation vid en försening är den osäkerhet som uppkommer. Resenären vet inte hur lång tid resan nu kommer att ta och det är besvärande (Kollektivtransport, 2010).

Resenärer är dock ingen enhetlig grupp, resenärernas behov och värderingar varierar. Faktorer som ålder, kön, familjesituation, biltillgång och funktionshinder påverkar

resenärernas önskemål och behov. Det påverkas även av vilken standard på resor de är vana vid samt vilken typ av resa de ska göra (Hydén et al, 2008).

Män och kvinnor på väg till och från jobbet är angelägna om att resan ska gå snabbt och även att det är hög turtäthet. De kan acceptera att gå lite längre till stationen bara själva resan sedan går snabbt. Om de ska handla eller hämta eller lämna barn på vägen så blir turtätheten ännu viktigare för dem eftersom den sammanlagda väntetiden annars blir väldigt lång för dem. Ungdomar på väg till och från skolan har liknande värderingar (Hydén et al, 2008).

Äldre personer som till exempel ska besöka en vän på sjukhuset eller äldreboendet är beroende av att gångavståndet till stationen är kort och att de kan få sitta ner under hela resan. De är däremot inte så känsliga för om själva resan tar längre tid. Även personer som reser för att handla vill ha korta gångavstånd och att det finns utrymme att ställa ner sina kassar under resan (Hydén et al, 2008).

## **5.2 Olika typer av nedbrytning**

Det finns många anledningar till att konstruktioner bryts ned. Dessa orsaker brukar man dela in i tre olika kategorier; laster, miljö och användning.

### **5.2.1 Laster**

Vid utformning av en konstruktion tar man oftast hänsyn till lasterna först. Laster av vind och snö beaktas. Ju längre norrut i landet man kommer desto större snölaster dimensionerar man för. Konstruktionen utformas så att den största vindlast som förekommit på platsen med 50 års mellanrum kan klaras. Snö- och vindlast är naturlaster (Silfwerbrand et al, 2001).

Konstruktionen ska givetvis även klara de laster från fordon som passerar eller befinner sig på konstruktionen. Dessa laster kan kallas för funktionslaster. Det finns två olika sätt att gå tillväga för att dimensionera funktionslaster. Dels sätter man upp regler för hur tunga fordon som får trafikera konstruktionen, sedan mäter man även vilka laster som uppkommer från fordonen med hjälp av en vågstation eller annat mätinstrument. Dessutom finns det en mänsklig faktor: fel fordon kan passera konstruktionen så att konstruktionen utsätts för allt för stora laster. Därför dimensioneras konstruktionen för att klara vissa överlaster. Är omständigheterna sådana att denna överlast förekommer flera gånger kommer denna säkerhetsmarginal efter ett tag bli uttömd. Dock är detta nästan bara ett problem i teorin, byggsystem hör till de system som har störst säkerhet i samhället (Silfwerbrand et al, 2001).

### **5.2.2 Miljö**

Miljöbetingad nedbrytning på konstruktioner sker på grund av miljön där konstruktionen befinner sig. Den vanligaste miljöpåverkan är korrosion i stål, men även andra kemiska angrepp och nötning av vind och vatten är vanligt. Korrosion kräver tillgång till både vatten och syre. Praktiskt taget sker ingen korrosion i luft med relativ fuktighet under 60 procent. Alltså rostar inte stål inomhus i torra lokaler. Korrosionen ökar med större fukthalt, även närvaron av klorider och svaveldioxid

påverkar och ökar korrosionshastigheten. Om luften eller vattnet rör sig, i form av strömning eller vind så påverkar även detta nedbrytningshastigheten (Silfwerbrand et al, 2001).

Det finns tre typer av nedbrytning på grund av miljöfaktorer som bryter ner betongkonstruktioner. Det är fysikalisk nedbrytning, kemisk nedbrytning samt armeringskorrosion. Ett viktigt tillstånd att beakta är då vatten fryser, vattnet expanderar då med 9%, vilket ger upphov till fenomenet frostbrytning. På grund av nedfrysning och upptining av betong sker olika fysiska och kemiska reaktioner som påverkar betongens hållfasthet. Till en början ökar faktiskt hållfastheten i betongen, men sedan sjunker den allt mer (Silfwerbrand et al, 2001).

Den kemiska nedbrytningen av betongkonstruktioner innebär karbonatisering, alkali-ballastreaktioner, urlakning samt sulfat- och saltangrepp. Det sistnämnda fenomenet är dock inte ett så vanligt problem för svenska cement- och betongsorter. Under karbonatisering omvandlas kalciumhydroxiden i betongen till kalciumkarbonat på grund av koldioxiden som tränger in i betongen. Detta försämrar inte hållfastheten i betongen, snarare tvärtom, men det innebär ändå problem då betongen inte längre kan skydda armeringen från korrosion när karbonatiseringsfronten närmar sig armeringen (Silfwerbrand et al, 2001).

### **5.2.3 Användning**

En konstruktion ska givetvis användas, men detta leder till slitage. Olika typer av slitage (på grund av hur konstruktionen används) är bortnötning av skyddande färg, slag och stötar som nöter bort material och små upprepande laster som ger upphov till små sprickor, vilka i längden leder till nedsatt funktion hos konstruktionen. Till nedbrytning som sker på grund av användning hör också förstörelse på grund av människors aktivitet. Olika typer av förstörelser kan vara påkörning av till exempel räcken eller pelare, sabotage och klotter (Silfwerbrand et al, 2001).

Klotter och även den klotterborttagning som följer efter klotter kan skada betongkonstruktionen. Många metoder som tar bort klotter skadar betongen. Ju mindre molekyler klotterfärgen är uppbyggd av desto längre in i betongen tränger färgen. Klotterfärgen tränger längre in i en torr betong än i en blöt betong. Man måste räkna med att klotter tränger in ca 2-3 mm, dessa 2-3 mm måste alltså avlägsnas vid klottersanering. Vid upprepad klottersanering kan det alltså bli problem med betongkonstruktionens beständighet då man börjar närma sig armeringen och risk för armeringskorrosion uppkommer (Silfwerbrand et al, 2001).

Stål kan brytas ned fysiskt av både funktionsbetingad och miljöbetingad nedbrytning. Den miljöbetingade nedbrytningen är korrosion, alltså rost. Korrosion är en elektrokemisk process som bara kan ske med tillgång till vatten och syre. Vattnet kan till exempel utgöras av en fuktfilm på stålets yta. Trots att korrosion bryter ner stålet så skapar det idag inte så stora problem på stålkonstruktioner tack vare de ytbehandlingskydd som finns (Silfwerbrand et al, 2001).

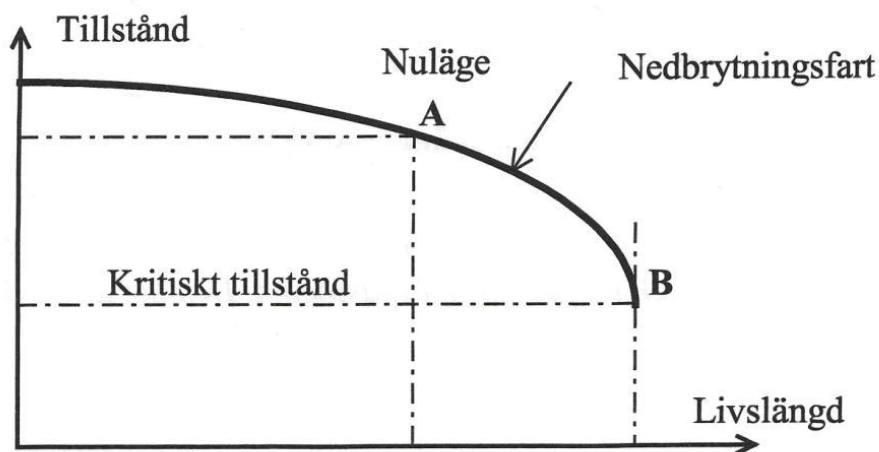
Den viktigaste funktionsbetingade nedbrytningen av stål är utmattning. Utmattning orsakas av upprepat varierande laster. Utmattningen syns i form av sprickor som

växer med antalet lastväxlingar. Problemen med utmattning kan i och med att skadorna är synliga hållas under kontroll med inspektioner och mätningar (Silfwerbrand et al, 2001).

## 5.3 Modeller för tillståndsförändring och driftsäkerhet

### 5.3.1 Tillståndsförändring

Alla material förändras med tiden, dels på grund av materialets egna inbyggda egenskaper och dels på grund av nedbrytning, både miljö- och funktionsbetingad sådan. Utan påverkan utifrån påverkas inte materialens egenskaper, stål är ett exempel på material som behåller sina egenskaper utan yttre påverkan. Det normala är dock att konstruktioner bryts ner av funktion, i form av last och miljö. Keramiska material, till exempel betong, är dock ett undantag. I betongen pågår kemiska processer under hela betongens livslängd som påverkar dess egenskaper. Då cementet i betongen är grovkornigt påverkas framförallt hållfastheten, vilken kan fördubblas på en period av 20 till 40 år (Silfwerbrand et al, 2001).



Figur 2. Tillståndsförändringsmodell (Silfwerbrand et al, 2001)

För att bedöma återstående livslängd hos en konstruktion måste man definiera den eller de nedbrytningsmekanismer som verkat på konstruktionen, se figur 2. För att sedan bedöma nedbrytningshastigheten hos mekanismen måste en tillförlitlig tillståndsbedömning göras. Det ligger givetvis stora svårigheter i att bedöma både tillståndet i nuläget och nedbrytningshastigheten. Nedbrytningshastigheten är till exempel inte konstant, vilket orsakar svårigheter med att bedöma modellens utseende. På så sätt blir det svårt att beräkna tiden mellan tillstånd A och tillstånd B (Silfwerbrand et al, 2001).

### 5.3.2 Driftsäkerhet

Driftstörningar på en bana ska undvikas så långt det är möjligt, utan att säkerheten äventyras. Ett strukturerat och målmedvetet arbetssätt krävs för att minska



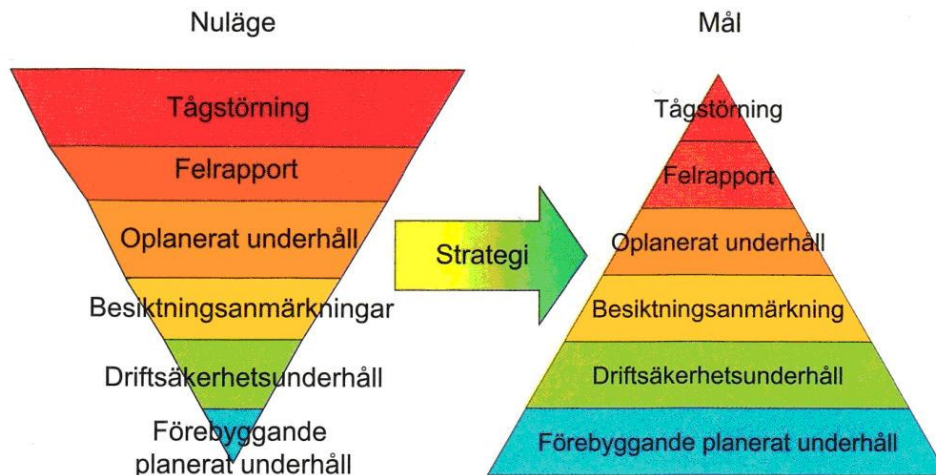
driftstörningarna. Många förvaltare felprioriterar och ägnar resurser åt administrationen istället för att analysera driftstörningarna korrekt, ofta kan det bara vara små petitesseer i budgeten som hindrar de bästa lösningarna. (Corshammar, 2005) När det gäller driftsäkerhet kan man se Nederländerna som ett föregångsland. I Nederländerna har man kalkylerat på kostnaderna för driftstörningar samt de straffavgifter som måste betalas till tågoperatörerna då man inte kan leverera en fullt fungerande bana. Med denna kalkylering blir det enklare att motivera och prioritera kostnaderna för underhållet (Corshammar, 2005).



Figur 3. Driftsäkerhetspyramid (Corshammar, 2005)

Driftsäkerhetspyramiden har som mål att ge lägsta livscykelkostnad utan att driftstörningar uppstår. Ju lägre nivå desto mer förberedande och desto billigare är underhållet. Dock är det förebyggande underhållet ändå kostnadskrävande vilket gör att det kan prioriteras bort, men risken är då att kostnaderna blir ännu högre eller leder till driftstörningar senare. Att underhålla och säkra för driftstörningar är viktigt för elkraften och signalsystemet, där driftsäkerheten påverkas direkt vid en störning (Corshammar, 2005).

När en tågförsening sker är den enskilde resenären den största förloraren, vilket i längden leder till minskat förtroende och minskade intäkter för tågoperatören. Den enda som inte förlorar på en trafikstörning är underhållsentreprenören, som får mer arbete att utföra och betalt för detta (Corshammar, 2005).



Figur 4. Felvänd driftsäkerhetspyramid (Corshammar, 2005)

I många fall är driftsäkerhetspyramiden felvänd och behöver vändas om för att uppnå en bättre driftsäkerhet och även få en tydlig och långsiktig målstyrning av underhållsverksamheten, se figur 4. Med ökat fokus på det förebyggande arbetet minskar besiktningsanmärkningarna och felrapporteringarna, som i sin tur bidrar till mindre antal dyra underhållskostnader i senare skeden och färre driftstörningar. De initiala kostnaderna i livscykeln blir då högre, men på sikt blir kostnaderna lägre (Corshammar, 2005).

## 6 Resultat

### 6.1 Insamling av data

All information har samlats in via intervjuer. För att förstå bakgrunden till varför samordnade upprustningar började tillämpas har Jan Mesch intervjuats. Mesch har tidigare varit anställd på SL, där han fått erfara hur upprustningar gick till innan metoden med samordnade upprustningar började tillämpas.

För att få ett miljöperspektiv intervjuades Maria Volmer från SL:s avdelning för hållbar utveckling. För att få säkerhetsperspektivet intervjuades Wivvi Swing och Jackie Hellman från SL:s avdelning för produktions- och säkerhetsplanering. Genom dessa intervjuer gavs en insikt i hur SL:s upprustningsarbete går till i ett säkerhets- och miljöperspektiv, både under samordnade och enskilda upprustningar.

För att få veta mer om de tidigare samordnade upprustningarna intervjuades Johan Axelsson, som var projektledare för SU2006. Sedan intervjuades Ulf Myrin och Brittmarie Calming som var projektledare respektive controller för SU2008. Dessa två intervjuer kompletterades med interna rapporter angående SU2006 och SU2008. Sedan intervjuades Martin Lindahl som är projektledare för det pågående projektet SU2011. För att få ett exempel på en enskild upprustning så intervjuades Faegh Adelpour som lett ett projekt med tillgänglighetsanpassning av insteget i tunnelbanevagnarna. Faegh Adelpour intervjuades även i sin roll som teknikansvarig för Spår.

För att veta vilket underhåll och upprustningar som krävs för de olika teknikslagen intervjuades alla teknikansvariga eller personer med liknande kunskap för varje teknikslag. För Anläggning intervjuades Ronny Öberg som har stora kunskaper inom anläggningsområdet. Denna intervju kompletterades med en intervju med Alex Cepeda som är ansvarig inom SL:s bergunderhåll. För Fastighet intervjuades Ulrika Adlerz-Lind som jobbat både som konsult för SL och även på SL:s fastighetsavdelning, bland annat med SU2011. Genom detta har hon stora kunskaper om hur upprustningar går till, både under enskilda och samordnade upprustningar.

Från Elektroavdelningen intervjuades samtliga teknikansvariga, Thomas Kari för Kraft och Belysning, Lennart Johnson för Signal samt Kenneth von Walden för Elkraft och tågdrift. Intervjun med Lennart Johnson kompletterades även med en artikel från TechWorld som Johnson rekommenderade. Teknikansvarig för ICT, Thomas Fransson, intervjuades även. Genom att intervjua de teknikansvariga gavs kunskaper både om teknikslaget i sig samt vilket underhåll som krävs och hur det går till under olika typer av upprustningar.

Tillgänglighet och handikappsanpassning är en viktig del i SL:s arbete. För att förstå hur SL arbetar med tillgänglighet så intervjuades SL:s ansvariga Ylva Preutz Papantoni. Ingemar Wellén från SL:s trafikplanering intervjuades för att få reda på hur ersättningstrafiken vid samordnade upprustningar utformas. För att komplettera

denna information med vilka trafikeringmöjligheter som finns när en upprustning ska göras intervjuades även Sven-Åke Eriksson, även han från SL:s trafikplanering. För att göra den ekonomiska analysen utgick studien framförallt från den rapport som Sverker Enström skrivit för SL. Sverker Enström intervjuades även för att få en förklaring för och djupare insikt i rapporten.

## 6.2 Uppkomst av behov att samordna upprustningar

Jan Mesch berättar hur SL:s organisation utvecklats med tiden: SL gjorde allting i egen regi fram till mitten på 90-talet. Alla bussförare, tågförare, spärrpersonal och så vidare var anställda av SL som totalt hade 13 500–14 000 anställda. Vid den tiden startade man en organisationsstudie som gick ut på att diversifiera och privatisera verksamheten. Man kom då fram till att den nuvarande organisationen med så många anställda var svår att styra och förhållandevis ineffektiv. Då bolagiserade man, från att ha haft ett enda moderbolag bildade man nu ett fastighetsbolag och ett bansystembolag. Allt som hade med trafikfunktionen att göra privatiserades. Tunnelbanedriften såldes ut till företaget Connex och olika delar av bussdriften till olika bussbolag. Moderbolaget hade bland annat hand om den övergripande verksamheten, vilket innebar att upphandla trafiken, att marknadsföra och att göra den strategiska planeringen.

Vidare berättar Mesch om uppdelningen mellan de olika bolagen. Bansystembolaget hade ansvar för den järnvägsbundna verksamheten det vill säga allt längs med spåret samt plattformarnas kanter. Fastighetsbolaget hade hand om det som var på plattformarna, samt stationsbyggnaden. Det gjordes investeringsåtgärder i dessa infrastrukturer men med lite samordning. Bansystembolaget och fastighetsbolaget hade varsin budget och man samrådde inte så mycket. Man tittade över sina egna teknikersystem och genomförde underhåll främst efter sina egna behov.

Dock ville moderbolaget, som då var ansvarigt för trafikeringen, att så mycket underhåll som möjligt skulle göras under full trafik, fortsätter Mesch att berätta. Jan Mesch berättar om erfarenheter från sina egna projekt. Med start sommaren 1996 byttes plattformar på bland annat stationerna Kristineberg, Abrahamsberg, Stureby och Tallkrogen under full trafik. Under arbetets gång plockades delar av plattformen bort i omgångar och ersattes med gångbryggor i trä som resenärerna fick gå på. Huvuddelen av arbetet gjordes dock på natten. Inga allvarliga skador skedde, men det var inte det säkraste sättet att jobba på. Under slutfasen av projektet stängdes stationerna istället av och resenärerna fick åka med ersättningsbuss förbi de stationer där plattformarna byttes ut. Stationerna stängdes alltså av för resenärer, men tunnelbanan kunde fortfarande passera stationen.

Jan Mesch förklarar problematiken med hur upprustningarna organiserades tidigare: Innan samordnade upprustningar infördes bytte man vid ett tillfälle först plattformar, vid nästa tillfälle bytte man räls, och vid ett tredje tillfälle bytte man signalsystem. Senare vid ett fjärde tillfälle byggde man om stationen. Detta innebar en väldigt stor störning för så väl trafiken som resenärerna. Man började ifrågasätta sin arbetsmetod, om den var ineffektiv och om det var bra att störa trafikanterna vid flera tillfällen. ”Någonstans där myntades begreppet samordnad upprustning, som då skulle innebära

att man inte skulle behöva någon upprustning som var trafikstörande på 15 år” säger Jan Mesch. Mesch berättar vidare vilka vinster man såg då. Den ekonomiska vinsten såg man framförallt i att arbetet skulle kunna utföras på dagtid istället för nattetid och att arbetstiden blev mer effektiv. Genom en avstängning skulle det inte behövas något ”lapp-arbete” eller anpassning efter resenärer i rörelse.

## **6.3 Enskilda upprustningar**

### **6.3.1 Miljö**

Maria Vollmer berättar att samma krav gäller på miljöarbetet vid både samordnade upprustningar och enskilda upprustningar. Det är dock vanligare att detta arbete missköts vid enskilda upprustningar. Problemet är att de som arbetar med miljöfrågorna på SL inte alltid får kännedom om de små underhållsarbeten som sker. På så sätt blir det svårt att kontrollera att samtliga regler efterföljs som de ska. Vid alla arbeten finns det krav på uppföljning av arbetena, men i det löpande underhållet missköts detta ofta.

Vidare förklarar Vollmer att vid en enskild upprustning är det bygglidaren som har miljöansvaret, men många bygglidare vet inte om detta. Om till exempel schaktning i mark ska genomföras måste myndigheterna kontaktas och detta är någonting som kan missas om bygglidaren inte känner till sitt ansvarsområde. Varje entreprenör ska dessutom ha en uppdaterad miljöplan. SL har ofta långa kontraktstider med sina entreprenörer, därför brister det många gånger med uppdateringen av miljöplanerna. Vid en enskild upprustning är det dessutom entreprenörens uppgift att ta hand om miljöavfallet, tillägger Vollmer.

### **6.3.2 Säkerhet**

Wivvi Swing och Jackie Hellman förklarar hur planeringar inför enskilda upprustningar går till. I vanliga fall läggs i förväg alla planerade arbeten in i SITRUS, som är SL:s planeringsprogram för kommande aktiviteter ur ett säkerhetsperspektiv. Det samordnar och planerar alla arbeten som ska göras i spår. Detta för att få kontroll över vilket typ av arbete som ska göras, hur många personer som kommer vara ute och vilka resurser som kommer krävas. Inspektion kräver dock ingen föransmälan till SITRUS. Varje arbete får ett eget unikt id-nummer som bara kan användas en gång. Om mer arbete måste göras får man återigen anmäla detta till SITRUS. Säkerhetsaspekten är viktig, då det under enskilda upprustningar har skett dödsolyckor.

Vidare berättar Hellman och Swing om SL:s säkerhetsutbildning. Ska man röra sig på spår måste man alltid ha utbildning, oavsett vad man ska göra. Ju mer som ska göras desto mer utbildning krävs, att till exempel bara ha en inspektion kräver alltså lägre utbildning än om man har verktyg med sig och ska åtgärda någonting. Kraven ökar, båda hälsokravsmässigt och regelverksmässigt. Säkerhetsutbildningen kostar 1500 kronor per dag för varje person som får utbildningen.

Wivvi Swing förklarar hur arbetet går till: Det finns regler som talar om hur många som får vara på en plats och arbeta. Det finns också begränsningar för hur många

aktiviteter och arbetslag som får vara på en sträcka. Dessutom finns det även begränsningar för hur många arbetslag en tillsyningsman får ansvara för. Tillsyningsmannen ansvarar för att han får rätt skydd på platsen, som till exempel avstängt spår om det behövs. Det är även tillsyningsmannen som får ”starttillstånd” från trafikledaren på trafikledningscentralen. När arbetet är klart så ringer tillsyningsmannen in till trafikledning och ”lämnar tillbaka spåret”. SL har även en internkontroll, som ser till att SOS, skydds- och säkerhetsplanen, efterföljs.

### **6.3.3 Enskild upprustning – Tillgänglighetsanpassning**

Faegh Adelpour berättar om det projekt med tillgänglighetsanpassning som inleddes under år 2007. Anpassningen innebär att avståndet mellan tunnelbanevagn och plattform anpassas genom att man justerar spårläget genom spårsänkning så att tunnelbanevagnens golv hamnar i jämnhöjd med och inte för långt bort från plattformskanten. Först gjordes det ett pilotprojekt på station Rinkeby som har tre olika spår, vilket innebär att ett spår kunde användas utan att störa trafiken.

Vidare säger Faegh Adelpour att arbetet med på- och avetableringar, sköttes smidigt nattetid. Dagtid kunde sedan tunnelbanetågen rulla, men de var tvungna att hålla lite lägre hastighet precis vid stationerna. På så sätt så stördes inte resenärerna av projektet i så stor utsträckning. Projektet beräknades kosta 300 miljoner kronor om det skulle skett under en avstängning med ersättningstrafik. Genom att istället göra projektet på trafikfri tid nattetid så sparades cirka 100 miljoner kronor.

Vid enstaka tillfällen tillstötte problem, berättar Adelpour. Till exempel vid stationen Abrahamsberg, där spåret inte justerades rätt under natten. När tunnelbanevagnarna då stannade vid stationen gick det inte att öppna dörrarna. Tågen fick då istället åka förbi denna station, men större problem än så orsakades aldrig.

## **6.4 Samordnade upprustningar**

### **6.4.1 Miljö**

Vid en samordnad upprustning är det lättare att få ett helhetsgrepp kring miljöfrågorna, menar Maria Vollmer. Miljöperspektivet kommer in i ett tidigt skede. Det finns dessutom en enskild person som har ansvaret för miljöfrågorna, och på så sätt får miljöfrågorna mer fokus. Sen finns det även en informationsansvarig, då vet allmänheten vart de ska vända sig med klagomål på buller eller andra miljöfrågor, tillägger Vollmer. Kommunikationen sker även snabbare på det sättet. Nackdelen som finns med en samordnad upprustning är att avfallshanteringen blir ett större logistiskt problem eftersom den kräver stora ytor.

Maria Vollmer förklarar vidare vilka fördelar samordnade upprustningar har ur ett miljöperspektiv: I projekteringen finns det även krav på materialval och framtida energiförbrukning, och på så sätt får man även in ett miljöperspektiv för den framtida användningen. Under en samordnad upprustning kan man även möta krav på sänkt bullernivå på andra sätt än bullerplank. Då kan man till exempel använda ballastmattor läggs under ballasten som gör att ljudet och vibrationerna från tåget inte nämnvärt sprider sig ner i konstruktionen.

#### **6.4.2 Säkerhet**

Jackie Hellman och Wivvi Swing beskriver hur säkerhetsrutinerna är utformade under en totalavstängning. Då är det enda tillfället som arbete på banan kan utföras utan SL:s speciella säkerhetsutbildning. Normalt gäller dock detta endast dagtid, dvs. kl. 06-22. Nattetid kl. 22-06 sker det materialtransporter på området och då får återigen endast personer med säkerhetsutbildning vistas på området. Alla entreprenörer som jobbar på området får dock ändå en säkerhetsgenomgång och måste givetvis förhålla sig till de regler som finns på området. Det finns även en tillsyningsman som är ansvarig och som kontrollerar vilka som arbetar på det aktuella området. På så vis är det alltid känt hur många personer som är på plats på området om någonting skulle inträffa.

Vid en totalavstängning får alla arbeten ett enda gemensamt id-nummer, vilket innebär att enskilda aktiviteter inte finns med i planeringen hos produktions- och säkerhetsplaneringen. Det blir istället projektet som samordnar de olika aktiviteterna, förklarar Hellman och Swing.

#### **6.4.3 Samordnad upprustning – SU2006 – Fruängsgrenen**

År 2006 gjordes en samordnad upprustning på Fruängsgrenen söder om Stockholm. Då stängdes tunnelbanetrafiken av. Den 8 maj stängdes sträckan Liljeholmen – Fruängen, som är en sträcka på 6 stationer, av. Den 19 juni släpptes trafiken på mellan Liljeholmen och Telefonplan och den mellanliggande stationen Midsommarkransen, de tre stationerna närmast centrum. Den 21 augusti öppnades alla stationer åter för trafik. Under avstängningstiden ersattes tunnelbanetrafiken med ersättningsbussar. Kringboende och resenärer på sträckan informerades kontinuerligt (Storstockholms Lokaltrafik, 2006).

I princip hela sträckan renoverades och genomgick en teknisk förnyelse. En utgångspunkt och baslinje för projektet, gällande tid och kostnader, skapades under hösten 2004. Detaljprojektering pågick under vintern 2004 till våren 2005 och hösten 2005 skedde upphandlingen. Under vintern 2005 och våren 2006 startade byggskedet med förberedande arbeten inför avstängningsperioden sommaren 2006 (Storstockholms Lokaltrafik, 2006).

Planeringen av SU2006 började 1996 på SL:s banavdelning, berättar Johan Axelsson. Då planerade man bytet av tätskikt på broarna på tunnelbanan. Det sammanföll sig så att många broar på Fruängsgrenen var i behov av att byta tätskikt ungefär samtidigt och på så sätt initierades projektet SU2006.

#### **6.4.4 Samordnad upprustning – SU2008 – Farstagrenen**

År 2008 gjordes den andra samordnade upprustningen, då på Farstagrenen söder om Stockholm. Under 21 veckor på senvåren och sommaren stängdes gröna linjen av mellan Skärmarbrink och Farsta Strand (Storstockholms Lokaltrafik, 2005).

Även på detta projekt var arbetsomfattningen i den storleken att det kunde säkerställas att SL inte skulle behöva utföra några trafikstörande åtgärder de 15 närmaste åren på sträckan. Projekteringen började under våren 2007. Upphandlingen skedde under sommaren och hösten 2007. Under våren 2008 startade produktionen med förberedande arbeten inför avstängningen under senvåren och sommaren (Storstockholms Lokaltrafik, 2005).

Brittmarie Calming och Ulf Myrin berättar om vilka lärdomar man tog från det tidigare projektet SU2006. Resenärerna uppskattade inte att en del av sträckan öppnades upp för trafik efter ett tag. Detta gjorde att resenärerna var tvungna att byta resemonster två gånger istället för bara en gång. Något som däremot uppskattades under SU2006 var att resenärerna kunde få direktkontakt och kunde komma med frågor och klagomål direkt till projektorganisationen. Detta utvecklades ännu mer under SU2008. Den person som den missnöjda resenären då kontaktade visste orsaken till resenärens problem. Detta gav en ökad förståelse, både hos resenärerna men även hos projektet, förklarar Calming och Myrin.

#### **6.4.5 Samordnad upprustning – SU2011 – Hagsätragrenen**

Martin Lindahl förklarar hur avstängningen av Hagsätragrenen kommer att gå till. 21 mars 2011 och 27 veckor framåt kommer Hagsätragrenen att stängas av. Från station Globen och söderut till station Hagsätra kommer reinvestering, renovering och upprustning att ske. Detta projekt har fått en annorlunda trafiklösning än tidigare upprustningar. Detta för att vid Högdalen, som är stationen näst längst söderut och innan Hagsätra, finns en av gröna linjens två depåer. Den andra depån är Vällingbydepån, på Hässelbygrenen väster om Stockholm city. Vid dessa depåer sker underhåll och service samt uppställning av tunnelbanetågen. Under normaltrafik, vår försommar och höst behövs båda depåerna, därför kommer vagntransporter att ske på ett spår farbart under nätterna kl. 22-06. Under sommartidstabellen, som är 8 veckor på sommaren, krävs dock inte lika många vagnar, då kan linjen försörjas med vagnar enbart från Vällingbydepån.

Vidare förklarar Martin Lindahl hur projektet fortskrider. Analysfasen för projektet började våren år 2008 och höll på till hösten 2008. Vintern år 2008 påbörjades planeringsfasen som avslutades våren 2009. Genomförandefasen började försommaren 2009 och kommer avslutas vid årsskiftet 2011-2012, med avstängningen mellan 21 mars och 25 september. Avslutningsfasen kommer vara i januari och februari år 2012.

Vidare förklarar Lindahl hur detta projekt skiljer sig från de tidigare samordnade upprustningarna. Det som framförallt ändrats jämfört med tidigare samordnade upprustningar är projektorganisation. Tidigare hade man 9 olika delprojekt uppdelade efter teknikslag. Då var delprojektledarna oftast teknikansvariga eller en representant för sitt teknikområde. Deras funktion i projektet var främst deras sakkunnighet. I detta projekt har det istället varit 4 delprojekt, här har delprojektledarna varit mer delaktiga i andra projektuppgifter, som till exempel upphandlingar och ekonomisk styrning.



## 6.5 Upprustningsbehov hos de olika teknikslagen

### 6.5.1 Anläggning

Anläggning innefattar broar, stödmurar, berg- och betongtunnlar. Tunnlar ska dock skiljas från överbyggnader, vid till exempel Skärholmen och Vällingby är spåret överbyggt av fastigheter, där är det fastighetsägarna och inte SL som är underhållsskyldiga, påpekar Ronny Öberg.

Vilket underhåll som måste göras bestäms utifrån de inspektioner som görs kontinuerligt, förklarar Ronny Öberg. De spårbara konstruktionerna inspekteras en gång per år, övriga konstruktioner inspekteras mer sällan. Det kontinuerliga underhållet innebär bland annat att kontrollera att avvattningen fungerar på broarna samt att ingenting ligger i vägen och stoppar avvattningen. Det rensas även kring trummor och diken. Små skador i betongen på grund av till exempel påkörningar lappas och lagas, så att inte skadorna når in till armeringen.

Broar som byggs idag projekteras för 120 år framåt, berättar Öberg vidare. För att denna livstid ska återupphållas krävs dock visst kontinuerligt underhåll. Ibland förlängs livslängden på broar tack vare detta underhåll och ibland återupphålls bara den förväntade livslängden.

Alex Cepeda berättar hur SL:s bergunderhåll sköts. Bergtunnlarna inspekteras kontinuerligt, när nästa inspektion ska ske och vilket underhåll som ska utföras bestäms utifrån vad inspektionen säger. Bland annat kontrollerar man att de sträckor man förstärkt med sprutbetong är i gott skick. Det knackas med spett längs med hela sträckan och om en bit då trillar bort så undersöks betongen närmare, förklarar Cepeda.

Vidare berättar Ronny Öberg om omisolering av broar, som hittills har stått för de största kostnaderna i de tidigare samordnade upprustningarna. Omisolering av broar kan också ske bitvis, men då måste man ha enkelspårstrafik, då tågen endast kan åka på ett spår på en begränsad sträcka. Det är dock billigare att göra en större yta på en gång, då det tar längre tid att åtgärda i flera omgångar. Tätskiktet blir även av bättre kvalitet om hela tätskiktet läggs ut på en och samma gång. Med omisolering menas att man byter ut det isoleringsskikt, som till exempel kan bestå av asfalt som ligger under skyddsbetongen innan konstruktionsbetongen. Om en omisolering ska ske bestäms med hjälp av ett fönsterprov. Fönsterprovet går till så att en bit betong hackas bort från konstruktionen och det kontrolleras om det är vatten på isoleringen. En bit av isoleringen tas bort och skickas till ett laboratorium för undersökning. Sedan mäts även hur långt in betongen som karbonatiseringen har skett. Problemet med de fönsterprover som görs, menar Öberg, är att de enbart mäter hur isoleringen fungerar i ett laboratorium, det visar inte hur isoleringen fungerar på plats i konstruktionen.

Vid samordnade upprustningar kan även arbeten som att byta plattform göras, vilket annars skulle kräva en tillfällig plattform som innebär en viss kostnad, säger Ronny Öberg. I samordnade upprustningar passar man även på att byta kantbalkar på broar, då kantbalkar slits relativt fort i en brokonstruktion. Det går dock ändå att byta

kantbalkar under pågående trafik, men etableringsmöjligheterna blir större vid en avstängning, menar Öberg. Dessutom är det dyrare att montera skydd för dem som arbetar på sträckan nattetid.

### **6.5.2 Spår**

Faegh Adelpour beskriver spårs omfattning, den så kallade banöverbyggnaden, vilket omfattar spårets överkant och 500 millimeter nedåt. Alltså är spåret, sliprar, mellanlägg, befästningar och makadam alla en del av banöverbyggnaden. Även växlar och dilatationsanordningar är en del av spår. Dilatationsanordningar finns vid broar som är rörliga, med hjälp av anordningen kan även spåret röra sig och bli förlängt eller förkortat beroende på rådande omständigheter.

Kontinuerligt görs det besiktningar av spåranläggningen, berättar Adelpour. Utifrån dessa besiktningar bestäms en underhållsplan. Anläggningen slits olika, till exempel slits spåret i kurvor hårdare än spåret på raksträckor. Vissa åtgärder måste göras mer akut, medan andra kan skjutas upp och bli en del av en samordnad upprustning. Olika typer av skador som kan uppstå är slitet spår och spruckna sliprar. Växlar slits också ut och måste bytas. Detta underhåll som görs kräver ingen längre avstängning, utan kan genomföras på trafikfri tid nattetid, detta är dock dubbelt så dyrt.

### **6.5.3 Fastighet**

Fastighet innefattar alla stationsbyggnader samt inredningen på plattformen, förklarar Ulrika Adlerz-Lind. Från sättsanden och plattorna, och sedan uppåt, som papperskorgar, bänkar, plattformstak, kurer och skyltar.

Det underhåll som görs utanför samordnade upprustningar är framförallt underhåll av ytskikt, kakel och klinker på golv och väggar, berättar Adlerz-Lind vidare. Sedan kan även butiksområdena och spärrkiosken renoveras. En spärrkiosk tar cirka 16 veckor att renovera. Det är framförallt på grund av att det inne i en spärrkiosk finns väldigt mycket teknik som ska ses över, som det tar så lång tid. Man kan renovera en spärrkiosk under pågående trafik och man får då ha en provisorisk spärrkiosk och provisorisk spärrlinje. Det är fortfarande samma flöde av resenärer så därför får små bitar i taget renoveras. Renoveringen blir dyrare och tar längre tid när den görs i partier.

Allt jobb som görs på plattform, som till exempel tillgänglighetsanpassning för synskadade, med kontrastmarkeringar och taktila ledstråk vid plattformskanten, måste göras nattetid. Annars kan vissa upprustningar göras under dagtid, beroende på hur mycket det stör resenärerna, säger Ulrika Adlerz-Lind.

Vid samordnade upprustningar kan större omdisponeringar av stationsutrymmena göras, menar Adlerz-Lind. ICT har krav på hur stora ytor de behöver för sina teknikrum och därför behövs oftast en avstängning för att kunna genomföra en omdisponering av ytorna. Under en samordnad upprustning kan man också utnyttja och bygga ut området under spår, något som inte är möjligt att göra under pågående tunnelbanetrafik. På de flesta utomhusstationer finns en uppgång med en överbyggnad från stationen till plattformen. När denna överbyggnad ska renoveras

krävs det byggställningar utanför överbyggnaden som då kommer hamna i spårområdet och störa trafiken, alltså kräver en sådan typ av renovering avstängning.

#### **6.5.4 ICT**

ICT står för Information Communication Technology, förklarar Thomas Fransson. ICT innefattar alla teletekniska anläggningar, såsom datanätverken, högtalaranläggningarna, passagesystemen, värmeanläggningarna, biljettsystemet, larmsystemen, SL Access med mera. De flesta installationerna befinner sig på stationerna, förutom de slingor i spåret som reagerar på var tunnelbanetågen befinner sig och som ihop med en tidtabelldator möjliggör att avgångstiderna kan visas på informationstavlor på stationerna.

Inspektion av systemen sker fyra gånger om året, berättar Thomas Fransson. Man kontrollerar framförallt utvändigt att inget blivit förbyggt, att skyltar fortfarande syns, att högtalare hörs och att kameror inte blivit förtäckta. Det som sedan måste åtgärdas kan oftast göras under dagtid, då det visserligen är störande för trafikanterna men inte för trafiken, som fortfarande kan vara igång. Det är svårt att beräkna livslängden på vissa delar av ICT:s anläggningar, ett högtalarmembran håller tills det går sönder, det finns till exempel inget sätt att mäta återstående livslängd.

Då fastighetsarbeten görs på en station passar man oftast på att montera ned ICT:s teletekniska utrustning i samband med detta, förklarar Fransson vidare. Utrustningen rengörs och repareras för att sedan återmonteras. Alternativt skrotas utrustningen för att bytas ut mot ny utrustning. Vid en samordnad upprustning passar man på att göra arbeten som ändå behöver göras inom en snar framtid. Under SU2008 bytte man till ett nytt belysningsystem med plats för högtalare, då byttes även högtalare trots att de gamla högtalarna hade en återstående livslängd på cirka 5 år. Man beräknade ändå en ekonomisk vinst då detta högtalarbyte kunde ske på dagtid då banan var avstängd och inte behövde ske på nattetid då arbetstiden är dyrare.

#### **6.5.5 Kraft och belysning**

Kraft och belysning innefattar all kraftförsörjning och elmatning i tunnelbanans system, förklarar Thomas Kari. Det innefattar även växelvärmerna, reservkraftsanläggningar, ställverkscentralen och all belysning i spår mellan stationerna.

Reservkraftsanläggningarna inspekteras 5 gånger om året, och underhållet anpassas efter hur inspektionen går, berättar Thomas Kari. Vanligtvis har man annars ett större underhåll vartannat år och ett mindre underhåll det andra året. Det finns 80 stycken reservkraftsaggregat i tunnelbanan, dessa är placerade i relärum. Vid eventuellt fel kopplas reservkraften in, men det finns inga rutiner för detta.

Kari berättar vidare att växelvärmerna kontrolleras två gånger om året, på våren och hösten. Belysningen och elrummen kontrolleras en gång om året. Underhållen utgår ifrån kontrollen. Ställverkscentralen kontrolleras, synas och städas även den en gång om året. Underhållet kan ske på trafikfri tid på natten. Vid en akut skada kan oftast problemet lösas provisoriskt på dagen för att åtgärdas mer ordentligt nattetid.

Vid inspektioner är det svårt att se om någonting är på väg att gå sönder, menar Kari, men däremot vet man att många delar av banan är gammal. Anläggningen på röda linjen är över 40 år gammal och cirka 80 procent av kraft- och belysningsanläggningen måste bytas ut. På gröna linjen behöver motsvarande ca 45 % bytas ut. Kraft- och belysningsanläggningen på blå linjen, som byggdes mellan år 1975 och 1985 är fortfarande brukbar, men snart kommer hela den anläggningen att behöva bytas ut. Det är möjligt, både tids- och utrymmesmässigt, att ta med detta i en eventuell samordnad upprustning.

Tidigare i samordnade upprustningar har bara smådelar bytts ut, men nu när hela systemet ska bytas ut måste dessa delar bytas ut igen, förklarar Thomas Kari. Vinsten i att ta med detta i en samordnad upprustning ligger främst i tid och inte pengar. Idag åtgärdas cirka 4 stationer per år. Mycket av underhållet kan dock göras dagtid, bara 20 % av arbetet måste göras på trafikfri tid nattetid.

### **6.5.6 Signal**

Signal innefattar tunnelbanans signalsystem. Det finns två olika signalsystem i tunnelbanan, berättar Lennart Johnson. Gröna linjen har ett Siemenssystem som är datoriserat. Blåa och röda linjen har ett Union Switch-system som är ett reläsystem. På blå och röda linjen finns det därför ett relärum vid varje station. Informationen från signalsystemen samlas i bemannade ställverk, ett för varje linje. För gröna linjen är ställverket placerat på station Gullmarsplan, för röda på station Liljeholmen och på station Västra Skogen för blåa linjen.

Signalsystemen undersöker tågets väg med korsande trafik och stoppar mötande trafik genom att sätta upp röda signaler för all mötande trafik. Systemet kontrollerar samtidigt vilken hastighet tåget kan hålla med hänsyn till kurvor, lutningar, säkerhetsavstånd med mera. Personalen på ställverket behöver inte göra så mycket så länge allt fungerar som det ska. Om det är arbeten på sträckan måste dock växlarna läggas om för hand, då detta inte är inlagt i systemet (TechWorld, 2009).

I Union Switch-systemet undersöks och kontrolleras banan ständigt genom spårledning. Systemet lägger ut spänningsskillnad mellan rälerna, sedan undersöks det hela tiden om spänningen är kvar eller om ett tåg kortsluter mellan rälerna. Rälerna är genomsågade och isolerade var 200:e meter. På så sätt vet man med 200 meters intervall om tåg befinner sig på sträckan, hastighetsbegränsningarna gäller därför också i intervall om 200 meter. (TechWorld, 2009).

Genom signaler och hastighetstavlor förstår föraren hur snabbt tåget ska köra. Skulle föraren ändå brista i uppmärksamhet och inte följa begränsningarna så bromsar tåget automatiskt med färdbronsen. Det är alltså inte tekniskt möjligt att utsätta ett tåg för fara. Signaler kan dock bara begränsa ett tågs framfart, tidpunkten för när ett tåg lämnar en station bestäms av tidtabellen, alternativt bestäms det per radio om tidtabellen inte hålls (TechWorld, 2009).

SL:s signalsystem skiljer sig från till exempel Trafikverkets (tidigare Banverkets). I tunnelbanan får tågen hela tiden signal från spåret, på järnvägen får tågen bara besked

i punktform vid baliser som är placerade längs med järnvägen. Detta innebär att om ett tåg på järnvägen får en röd signal från en balis så bromsar det, trots att signalen kan ha hunnit bli grön när det nått fram till balisen. Detta innebär en tidsförlust i järnvägstrafiken som man slipper i tunnelbanan. Genom att ha ett kontinuerligt system, såsom i tunnelbanan, kan tågen dessutom åka med tätare avgångar (TechWorld, 2009).

Kontinuerligt löper besiktningar av signalobjekten, det vill säga signal, växlar och spårledning, med jämna intervaller, berättar Johnson. Man kollar att signalerna är hela och rena. Man byter lampor i signalen, på den blå och röda linjen byter man lampor en gång om året och på den gröna linjen lite oftare, 2-3 gånger per år. Man byter alla lampor trots att det inte är något fel på dem, för säkerhets skull. Man kontrollerar även olja i växellådor.

Vidare berättar Johnson att man kontrollerar att växlarna ligger som de ska, att allt ligger i rätt läge. Det måste ligga inom toleransen, annars måste man justera växlarna. Man kontrollerar även att kablar till spårledning, signaler och växlar är oskadade, annars måste de undersökas och eventuellt bytas ut. Eftersom underhållet sker kontinuerligt är det dock inte alltid vid samordnade upprustningar som signalsidan behöver göra något underhåll.

De stora fördelarna med en avstängning är att man får längre tid att arbeta utan avbrott och att arbetet kan ske i dagsljus, menar Johnson. Möjligheterna till att byta ut kablar blir till exempel blir mycket större. Under nattarbete kan man bara byta några kablar per natt. Man ska koppla ur den gamla kabeln och koppla in den nya kabeln, sen ska man dessutom kontrollera den nya kabeln och se till att det inte blir något jordfel till exempel. Detta för att allt måste fungera till nästa morgon då allt ska vara igång. Man hinner även ta bort signaler för att undersöka dessa och sedan renovera eller byta ut dem.

### **6.5.7 Elkraft tågdrift**

Elkraft tågdrift innefattar strömförsörjningen till tågen, med tre betydande delar: likriktarstationer, frånskiljare och strömskena, förklarar Kenneth von Walden. Sen finns det även kablar från frånskiljarna till strömskenan. Kablarna ligger i kanalisation som skyddar kablarna, även detta är en del av Elkraft Tågdrift. SL har ett eget 33 kilovolts nät, med 7 inmatningspunkter från elleverantörer, skulle det bli strömlöst på ett ställe finns det möjlighet att mata ström från andra delar i nätet.

Frånskiljarna har man för att sektionisera om man vill ha spänningslöst på en del eller vissa delar av sträckan, berättar von Walden. Detta utnyttjar man då man gör underhållsarbete nattetid, för att snabbt få en spänningslös strömskena på den sträckan man vill arbeta på styrs frånskiljarna från EDC, eldriftsledningscentralen, vid huvudkontoret på Lindhagensterassen. Man håller just nu på att få in alla motormanövrerade frånskiljare i detta övervakningssystem, och i dagsläget finns det cirka 900 frånskiljare som man ska få in i systemet. Vissa frånskiljare kommer dock förbli handmanövrerade och dessa kan man alltså styra för hand på plats. Frånskiljarna står antingen i spårmiljö, precis intill spåren eller i rum i närheten av spårområdet.

Likriktarstationerna omvandlar växelström till likström och det finns cirka 70 stycken i hela tunnelbanesystemet, förklarar von Walden. Likriktarstationerna håller ungefär 30 år och man byter cirka två stycken likriktarstationer per år. Detta arbete görs kontinuerligt och kan bytas under drift, då förbikopplar man bara den likriktarstationen. Arbetet kan man passa på att göra under avstängning och då slipper man det extra arbetet med förbikoppling.

Kenneth von Walden förklarar hur tåget hämtar sin ström från strömskenan vi strömskor, som finns ett par i varje vagnände. Strömskenan är som en flera hundra meter lång bit räls som ligger parallellt med spåret. Det finns gap mellan de enskilda strömskenorna, detta är för att om det blir något fel ska felet inte överledas, på så sätt är varje bit isolerad för sig. Gapet är mer än 16 meter långt. 16 meter är längden på en vagn, alltså blir den vagnen strömlös, men resten av tåget fortsätter ändå driva och vagnen förs framåt då den mekaniskt sitter ihop med de övriga vagnarna. Fördelen med detta är också att om man vill stänga av strömskenan kan man göra det mellan dessa gap.

Det underhåll som sker kontinuerligt är en årlig okulärbesiktning, berättar von Walden. Då ses det efter om något är skadat eller nedklottrat, och om kontakter eller kablar är slitna. Detta kan göras dagtid, man kan då gå längs med spåret. Åtgärder av upptäckta fel görs dock nattetid.

Vid en samordnad upprustning passar man på att göra underhåll när det är avstängt. Allt arbete kan egentligen göras nattetid, förklarar von Walden. Olika typer av underhåll som man då passar på att göra är till exempel att byta ut delar av strömskenan, byta skyddsbrädan ovanför strömskenan, samt byta kablar och kabelförband. Vid samordnade upprustningar görs framförallt stödarbeten till andra arbeten, om en bro ska bytas ut måste till exempel strömskenen först tas bort och sedan läggas tillbaka.

## **6.6 Tillgänglighetsanpassning i tunnelbanan och vid ersättningstrafik**

”SL har som mål att alla som själva, eller med ledsagare, kan ta sig till en station eller hållplats i SL-trafiken också ska kunna resa tryggt och enkelt med SL” berättar Ylva Preutz Papantoni. Detta mål börjar gälla årsskiftet 2010-2011. Det som hittills har gjorts på tunnelbanestationerna är att spåren justerats så att insteget i tåget blir bekvämt och fungerar för rullstolsbundna, förklarar Preutz Papantoni vidare. Sedan har man gjort taktila, kännbara markeringar vid tunnelbanans kant och vid spärrarna. Vidare har man digitala skyltar med högtalare med både synbar och hörbar information. Sådana skyltar ska finnas både på stationerna och i tågen. Alla bussar håller på att bytas ut och kommer till årsskiftet 2011-2012 vara helt utbytta till låggolvbussar med ramp, som enkelt kan ta ombord rullstolar.

Det underhåll som kommer krävas är till exempel spårjusteringar, förklarar Preutz Papantoni. Spårens placering måste hållas efter så att spåren inte rör på sig för mycket och det blir för stort glapp eller höjdskillnad mellan vagnen och plattformen. Även de

taktila stråken och kontrastmarkeringarna måste underhållas lik som de högtalare och digitala skyltar som finns.

Att reparera hissar under pågående tunnelbanetrafik kommer även med de nya reglerna vara möjligt, menar Ylva Preutz Papantoni. Om man då kan få information redan på resan om var en hiss inte fungerar så vore det bra. Rörelsehindrade är tyvärr en tålig grupp som är vana att anpassa sig, att då få information i förväg och få möjlighet att planera om sin resa är en stor hjälp.

När det gäller ersättningstrafik är målet att få ut information till alla, berättar Preutz Papantoni. Både när det gäller akut insatt och planerad ersättningstrafik. Om det är problem att få ut både synbar och hörbar information så är det viktigt att då istället ha folk på plats som kan se till att alla fått informationen. Ibland kan informationen brista, antingen den synbara eller den hörbara, men det är viktig att all information kommer ut, både till hörsel- och synskadade.

Vid samordnade upprustningar finns det stora möjligheter att ordna både en väl tillgänglig ersättningstrafik och även anpassa det underhåll som görs för att få en mer tillgänglig kollektivtrafik, påpekar Preutz Papantoni. Hittills har dock de samordnade upprustningarna varit under förväntan när det gäller tillgänglighetsaspekten, under SU2008 behövde till exempel flera delar av tillgänglighetsanpassningen kompletteras efteråt, vilket innebar extra kostnader. Planeras tillgänglighet in från början behöver det inte kosta något extra.

Preutz Papantoni berättar om den avstängning som gjordes sommaren 2009 på blåa linjen i samband med förberedande arbeten för citybanan. Då testade man olika sätt att tillgänglighetsanpassa avstängningen med ett lyckat resultat. Man hade vägvisning, med intalat tal, som dels fanns att ladda ner från SL:s hemsida och som även kom i en talad tidning som alla blinda och synskadade får. Det fanns en speciell vägvisning för rullstolsburna med pilar i marken, som visade den smidigaste vägen till ersättningsbussarna för den som rörde sig med rullstol.

## **6.7 Ersättningstrafik och trafikeringsmöjligheter**

Vid ersättningstrafik för tunnelbanan vid en samordnad upprustning följer ersättningsbussarna tunnelbanans sträckning, förklarar Ingemar Wellén. Det finns färdiga busstationer för ersättningstrafik, dessa används både vid akuta och planerade stopp. Dessa busstationer finns alltid i närheten av tunnelbaneentrén. Restiden blir då längre för vägarna är krokiga, men man prioriterar att täcka alla stationer.

Oftast gör man dessutom en snabbvariant med en direktbuss från den eller de yttersta stationerna mot centrum, på så sätt kan man korta ner restiden för dem som bor allra längst bort från centrum, förklarar Wellén vidare. Sedan utnyttjar man även den befintliga busstrafiken och förstärker de busslinjerna. Till exempel förstärks busslinjer som når pendeltågsstationer, så att resenärerna kan nå centrum på det sättet om de önskar.

Det är lättare att få bättre pris på ersättningstrafik för längre avstängningar, då fler bussentreprenörer är intresserade av dessa upphandlingar, berättar Wellén. Vid korta avstängningar eller tillfälliga akuta stopp sköter trafikentreprenören själv ersättningstrafiken. Mellan fyra och sex bussar står beredda för att täcka upp vid tillfälliga stopp. Vid större stopp tar man även in och flyttar om bussar från den ordinarie busstrafiken.

Det är inget problem att få tag på ersättningsbussar vid en planerad ersättningstrafik, menar Sven-Åke Eriksson. Det som dock kan vara svårt att få tag på är uppställningsplatser för bussarna och plats för bussarna att vända. Sommartid är det dock lättare att hitta trafiklösningar, då behovet som behövs täckas upp är mindre. Under sommartid är det dessutom många trafikanter som väljer bort ersättningstrafik och väljer att gå eller cykla istället, menar Eriksson. Det är även mindre trafik på gatorna, vilket ger mer utrymme för busstrafiken. När citybanan är på plats kommer det även finnas möjlighet att utöka trafiken där för att ersätta viss tunnelbanetrafik.

Citybanan är en pendeltågstunnel som byggs under Stockholm, med två nya stationer, som ska ligga under tunnelbanestationerna T-centralen och Odenplan. Dessa binds ihop med de befintliga pendeltågsstationerna. Idag delar pendeltågstrafiken spårutrymme med alla nationella tåg. Efter det att tunneln byggts fördubblas alltså kapaciteten in till Stockholms central för de nationella tågen. Pendeltågsresenärerna kommer därmed närmare byte till tunnelbane- och busstrafik (Trafikverket, 2010).

Information om ersättningstrafik ges ut på många olika sätt. Regelbundna pendlare når man enklast med anslag på stationer i förberedande syfte, säger Sven-Åke Eriksson. När ersättningstrafiken sedan är igång använder man sig även av högtalarinformation och skriftliga digitala meddelanden på både stationerna och i tågen. Sen har man även skyltning och hänvisning till ersättningstrafiken. Hur väl informationen fungerar kring ersättningstrafiken påverkar vad resenärerna tycker om både upprustningen och trafiken i övrigt.

## **6.8 Ekonomisk empiri**

### **6.8.1 Konsekvensanalys från förstudie inför SU2008**

Under förstudien inför SU2008 gjordes även en konsekvensanalys som jämförde de ekonomiska och miljöpåverkade konsekvenserna med både det traditionella arbetssättet med nattarbete och en samordnad upprustning. Här redovisades hur mycket dyrare det skulle ha blivit att utföra vissa av arbetena under trafikfritid nattetid istället. Kostnaderna för alla teknikslag är dock inte redovisade (Storstockholms Lokaltrafik, 2005).

Anläggning: 1,3\*produktionskostnaden för SU2008

Spår: 2\* produktionskostnaden för SU2008

Elkraft tågdrift: 2,5\* produktionskostnaden för SU2008

Signal: 2.5\* produktionskostnaden för SU2008



Detta kan ses i samband med de budgeterade kostnaderna för de olika teknikslagen under SU2008, se tabell 1.

Område	Delkostnad:
Anläggning	81 432 000
Elkraft tågdrift	49 414 000
Fastighet	40 000 000
Spår	22 008 000
Ersättningstrafik	20 000 000
Projektledning	17 427 000
Stödarbeten	14 017 000
Signal	7 330 000
Säkerhet	2 110 000
Kommunikation	1 000 000
Summa:	254 738 000

Tabell 1. Budget SU2008 (Storstockholms Lokaltrafik, 2005).

### Miljöaspekter

Många av arbetena orsakar buller, det är framförallt arbetsredskap som framförs på spåret och grävarbeten i och med kanalisation som stör. Utförs dessa arbeten dagtid så minskar störningarna för de boende avsevärt. Dessutom blir arbetet färdigställt snabbare om arbetet sker dagtid (Storstockholms Lokaltrafik, 2005).

### 6.8.2 Företagsekonomisk jämförelse av upprustningar

Med den samhällsekonomiska jämförelsen som redovisas nedan visades även en företagsekonomisk jämförelse mellan de två olika arbetssätten, se tabell 2 och 3. Både SU2008 och SU2011 har jämförts. I jämförelsen togs det hänsyn till arbetskostnadsskillnader, kostnaden för ersättningstrafik samt besparingen för indragen tunnelbanetrafik vid en totalavstängning (Enström, 2009).

#### SU2008

Kostnader i miljoner kronor.

	Nattalternativ	Dagalternativ	Skillnad: Dag – Natt
Arbetskostnad	804	570	-234
Ersättningstrafik inkl. trafikvärdar	0	42	42
Indragen tunnelbanetrafik	0	-18	-18
Summa:	804	594	<b>-210</b>

Tabell 2. Företagsekonomiskt jämförda kostnader för SU2008. (Enström, 2009)

## SU2011

Kostnader i miljoner kronor.

	Nattalternativ	Dagalternativ	Skillnad: Dag – Natt
Arbetskostnad	1235	876	-359
Ersättningstrafik inkl. trafikvärdar	0	68	68
Indragen tunnelbanetrafik	0	-18	-18
Summa:	1235	926	<b>-309</b>

Tabell 3. Företagsekonomiskt jämförda kostnader för SU2011. (Enström, 2009)

Nattarbete, som tillämpas vid enskilda upprustningar har en timkostnad som är 1,5 gånger högre än kostnaden för dagarbete, som tillämpas vid samordnade upprustningar, förklarar Sverker Enström. Under nattarbete är dessutom arbetspassen 8 timmar, dock kan bara ett effektivt arbete utföras under 3 timmar av dessa. Den trafikfria tiden är lite längre än 3 timmar, men på- och avetableringar på banan tar även viss tid, menar Enström. En tidsineffektivitetsfaktor för arbete nattetid blir kan räknas ut till 2,67 och en kostnadsineffektivitetsfaktor för arbete nattetid blir 4,0.

### 6.8.3 Samhällsekonomisk jämförelse av upprustningar

Inför SU2011 gjordes en samhällsekonomisk utvärdering där kostnadsbesparingarna från att göra en samordnad upprustning jämfördes med trafikanternas förlängda restid. Man jämförde både de beräknade värdena från det genomförda projektet SU2008 och det planerade projektet SU2011. Genom denna analys kunde man konstatera att metoden med totalavstängning och ersättningstrafik även var samhällsekonomiskt motiverad för båda upprustningarna. (Enström, 2009)

Trafikstandarden för en förmiddag med högtrafik har simulerats i SL:s nätutläggningsmodell, Vips. Där har resenärernas upplevda resetid med ersättningstrafik jämförts med den ordinarie tunnelbanetrafiken. Detta resultat har med övriga värden sedan jämförts i SL:s samhällsekonomiska modell, SAMS (Enström, 2009).

I bedömningen har en nyttosida, se tabell 4 och 6, jämförts med en kostnadssida, se tabell 5 och 7, med skillnaderna mellan dag- och nattarbete. Kvoten mellan kostnadsskillnaden och nyttoskillnaden ska vara över 1,0 för att en samordnad upprustning ska vara samhällsekonomiskt lönsam. På kostnadssidan har arbetsskillnaden mellan dag och nattarbete räknats med. Driftskostnadsskillnaderna för de olika alternativen räknas med här, kostnaderna för ersättningstrafik och extra trafikvärdar, samt besparingen på indragen tunnelbanetrafik. Sedan har även de kostnadsskillnader som beror på skatteeffekter räknats med (Enström, 2009).

På nyttosidan har kostnaderna för trafikanternas utökade restid räknats med. Värdningen har gjorts i kronor per timme och beräknats med hjälp av så kallade Stated Preference-undersökningar där resenärer får rangordna olika alternativ. På nyttosidan har även minskade biljettintäkter räknats med, då man beräknar att vissa resenärer väljer andra resealternativ under upprustningen. Biljettpriset har beräknats

som en schablonintäkt per resa baserat på priset för olika periodkort och biljetter. Externa effekter som antalet bilresor påverkar även samhällsnyttan och är med på nyttosidan, både vinsten av mindre luftföroreningar och kostnader för vägunderhåll, men även mindre skatteintäkter för energi- och bensinskatt (Enström, 2009).

### SU2008

Kostnad i miljoner kronor.

#### **Nyttor:**

Restid	-44
Biljettintäkter	-4
Externa effekter minus skatter	-9
Summa:	-57

Tabell 4. Samhällsekonomiska nyttor för SU2008 (Enström, 2009).

#### **Kostnader:**

Arbete	-234
Ersättningstrafik	24
Skatteeffekter	-44
Summa:	-254

Tabell 5. Samhällsekonomiska kostnader för SU2008 (Enström, 2009).

Kostnads/Nytto-kvot: 4,4 (Enström, 2009).

### SU2011

Kostnad i miljoner kronor.

#### **Nyttor:**

Restid	-37
Biljettintäkter	-4
Externa effekter minus skatter	-10
Summa:	-51

Tabell 6. Samhällsekonomiska nyttor för SU2011 (Enström, 2009).

#### **Kostnader:**

Arbete	-359
Ersättningstrafik	50
Skatteeffekter	-64
Summa:	-373

Tabell 7. Samhällsekonomiska kostnader för SU2011 (Enström, 2009).

Kostnads/Nytto-kvot: 7,3 (Enström, 2009).



## 7 Analys

### 7.1 Resenärsperspektiv

Det projekt som gjorts med tillgänglighetsanpassning av istället i tunnelbanevagnarna är ett bra exempel på när enskilda upprustningar är att föredra. Samordnade upprustningar förespråkas ibland för att de är tidsbesparande, tidsbesparingen som sker vid avstängning är att man arbetar hela dagen utan uppehåll och man slipper använda tid för på- och avetableringar. Det finns dock olika sätt att beräkna tidsbesparing. Skulle denna tillgänglighetsanpassning ha skett i samband med samordnade upprustningar så skulle det ha tagit flera decennier innan samordnade upprustningar hade berört alla sträckor i behov av tillgänglighetsanpassning. Därför kan samordnade upprustningar tidsmässigt ses som långsamma om en enskild företeelse måste åtgärdas på många sträckor i systemet, och då kan istället enskilda upprustningar vara att föredra.

Ett tredje alternativ till nattarbete eller att göra tillgänglighetsanpassningen under en samordnad upprustning hade varit att göra tillgänglighetsanpassningen som enskilda upprustningar men stänga av trafiken under dessa. Det vill säga att man bit för bit under korta perioder stängde av sträckor under tiden man justerade spåret. Detta hade lett till att arbetet kunnat ske snabbare, produktionskostnaderna hade blivit lägre och stationerna hade tidigare blivit tillgänglighetsanpassade. Däremot hade omfattande kostnader för ersättningstrafik, som överstiger vinsten från produktionskostnaderna, tillkommit. Resenärerna hade även blivit störda och blivit tvungna att en eller flera gånger under resan (beroende på resmönster) använda sig av ersättningstrafik. Genom lösningen man använde med nattarbete blev störningarna för resenärerna minimala.

Tillgänglighetsanpassning kräver mycket kontinuerligt underhållsarbete som att tekniken med både syn- och hörbar information ska fungera och att kontrastmarkeringar inte får tappa färg eller bli för smutsiga. Brister i tillgänglighetsanpassningen ska åtgärdas så snart som möjligt så att standarden på tillgänglighetsanpassningen inte blir för låg. Detta talar både för enskilda upprustningar och samordnade upprustningar, oavsett upprustningsvariant måste tillgänglighetsanpassningen alltid vara med i planeringen.

Vid de samordnade upprustningarna har det alltid funnits en speciell informationsansvarig, dit SL:s resenärer och närboende kan vända sig med klagomål och frågor. I och med samordnade upprustningar satsar man även mycket på att informationen kring upprustningen ska komma ut, därför vet folk vart de ska höra av sig. Att ha denna kontakt gör det enklare för resenärerna och de närboende att veta vart de ska vända sig. Tack vare den ökade informationen och kontakten utåt så skapar SL en service till sina kunder. Uppfattningen om upprustningen blir mer positiv om informationen fungerar väl. Många fel i till exempel ersättningstrafiken kan man ha överseende med om SL visar en hjälpsam och serviceinriktad attityd utåt.

Det går att få till stånd handikappanpassad ersättningstrafik, både vid enskilda upprustningar och samordnade upprustningar. Ersättningstrafiken som anordnades

sommaren 2009 under avstängningen av blå linjen är ett bra exempel på att det går att ordna planerad ersättningstrafik som är handikappanpassad.

Hur ersättningstrafiken och den ordinarie trafiken sköts påverkar resenärerna. Enligt teorin så upplevs restiden som längre om man som resenär inte får sitta eller om det är väldigt trångt, särskilt oplanerade väntetider på grund av försening upplevs som extra jobbiga. En sådan försening kan till exempel uppstå vid driftstopp på grund av dåligt underhåll eller då ett underhållsarbete nattetid blir försenat och stör morgontrafiken. En av anledningarna till att oplanerade väntetider upplevs som jobbigare är att resenärerna inte vet vad som händer, hur mycket de kommer bli försenade och om de till exempel kommer missa ett anknytande tåg. Därför kan god information vid dessa tillfällen minska missnöjet hos resenärerna.

Även byten upplevs som jobbiga. När byten blir en vana upplevs de dock inte längre som lika jobbiga. Därför är det en fördel att ha samma trafiklösning under hela samordnade upprustningen. Detta visades även i den resenärsundersökning som gjordes efter SU2006, då resenärerna inte uppskattade att trafiklösningen ändrades under tiden med ersättningstrafik. Därför har de samordnade upprustningarna efter detta haft samma trafiklösning kontinuerligt under hela avstängningen, vilket är helt rätt ur ett teoretiskt perspektiv. Att resenärerna inte uppskattar att ändra sina resvanor talar även för att man inte bör ha korta avstängningar vid enskilda upprustningar.

Genom att man vid samordnade upprustningar ibland gör två olika bussturer, en som följer alla stationerna och en ”snabb-variant”, som inte stannar vid alla stationer men snabbare kommer in till en knutpunkt i city, tillfredställer man olika typer av resenärer. Pendlare till jobbet kommer snabbt fram tack vare ”snabb-varianten”. De äldre som uppskattar att bussen täcker alla stationer men som inte bryr sig lika mycket om restiden blir även de nöjda. Detta är även en fördel ur ett teoretiskt perspektiv då ju längre restid en resenär har desto högre värderar man sin restid. Alltså är de som bor längst ut på en linje i störst behov av att hålla nere längden på sin restid.

## **7.2 Ekonomisk analys**

Teorin talar för förebyggande underhåll, om detta då talar för enskilda upprustningar eller samordnade upprustningar är inte givet. Det handlar framförallt om när i tiden som dessa upprustningar skulle inträffa. Som argument för samordnade upprustningar framhålls tidsvinsten. Dock tar en samordnad upprustning tid att planera och tiden då den samordnade upprustningen ska äga rum kanske inte sammanfaller väl med den tiden då det förebyggande underhållet behövs. Då kan det istället vara att föredra en enskild upprustning som är lättare att placera i tiden. Konsekvenserna av att i ett sådant fall inte genomföra en enskild upprustning leder till att anläggningen slits och risken för driftstopp ökar.

När en samordnad upprustning planeras så görs det med målet att inget trafikstörande underhåll därefter ska ske på 15 år, vilket kan kallas ett förebyggande mål. Så när en samordnad upprustning väl är inplanerad så blir anläggningens upprustning planerad för att hålla länge.

Teorin om förebyggande uppehåll talar också för det kontinuerliga underhåll som alla teknisklag utför i SL:s anläggning. Det kontinuerliga underhållet med inspektioner och mindre underhåll för att ständigt säkerställa driftsäkerheten följer helt det vetenskapsteorierna talar för. Vid dessa inspektioner upptäcks även större åtgärder som måste utföras. I vissa fall görs dessa åtgärder enskilt och i andra fall blir det en del av en samordnad upprustning. Med en optimal planering skulle så mycket som möjligt kunna vara med i en samordnad upprustning, men även där blir tiden ett problem. Samordnade upprustningar görs så pass sällan att upptäckta brister i anläggningen måste åtgärdas innan en samordnad upprustning görs på den aktuella sträckan.

Område	Delkostnad i kr:	Andel av totalkostnad:
Anläggning	81 432 000	32,0 %
Elkraft tågdrift	49 414 000	19,4 %
Fastighet	40 000 000	15,7 %
Spår	22 008 000	8,6 %
Ersättningstrafik	20 000 000	7,9 %
Projektledning	17 427 000	6,8 %
Stödarbeten	14 017 000	5,5 %
Signal	7 330 000	2,9 %
Säkerhet	2 110 000	0,8 %
Kommunikation	1 000 000	0,4 %
Summa:	254 738 000	100 %

Tabell 8. Budget SU2008 med beräknade procentuella andelar

Genom att beräkna den procentuella andelen som varje arbete bidrar till slutsumman är det lätt att se vilka arbeten som dominerar kostnadsmässigt, se tabell 8. Anläggning står för en betydande kostnad. Fastän anläggningsarbeten bara blir 1,3 gånger dyrare om de görs utanför en samordnad upprustning så blir kostnadsskillnaden betydande när det är en så stor andel av arbetet.

Dock måste man ha med i resonemanget att det kan hända att vissa anläggningsarbeten görs i onödan. Eftersom de fönsterprov som utförs för att undersöka huruvida en omisolering av en bro ska genomföras eller ej bara visar hur isoleringen fungerar i ett labb och inte hur isoleringen fungerar i sin konstruktion kanske vissa omisoleringar sker i onödan. Då omisolering av broar är väldigt kostsamt men inte blir så mycket billigare att genomföra vid en samordnad upprustning bör det undersökas närmare huruvida det är nödvändigt att göra en omisolering av broar och andra metoder än fönsterprov bör tillämpas.

Hur mycket man tjänar på att utföra fastighetsarbeten i samordnade upprustningar är inte känt. Dock krävs det i vissa fall att man har avstängt för att göra vissa fastighetsarbeten. När man väljer huruvida fastighetsarbeten ska vara med i en samordnad upprustning eller inte kan det istället vara kravet på avstängning som blir styrande.

Vad gäller Elkraft tågdrift, som är en stor post i budgeten för SU2008, så är det främst stödarbeten som görs, därför kan dessa arbeten inte undvikas om inte själva huvudarbetet ställs in. Det skulle dock vara 2,5 gånger dyrare att göra arbetet för Elkraft tågdrift utanför en samordnad upprustning.

Signalarbeten står inte för så stor del av budgeten för SU2008, dock skulle även signalarbeten vara 2,5 gånger dyrare om man gör dem utanför en samordnad upprustning. Därför borde man alltid inför en samordnad upprustning se över tillståndet på signalanläggningen och sedan optimera och ta med så många signalarbeten som möjligt.

Ersättningstrafik går att köpa upp billigare vid längre avstängningar, för då är fler bussbolag intresserade. Detta talar för längre avstängningar som vid samordnade upprustningar.

Den företagsekonomiska vinsten, för både SU2008 och SU2011, är så pass mycket större än den samhällsekonomiska förlusten att de samordnade upprustningarna är samhällsekonomiskt försvarbara med stor marginal. Detta gör att bedömningarna som gjorts av ökad bilanvändning samt biljettintäkter kan ha en stor felmarginal, det är ändå samhällsekonomiskt motiverat.

### **7.3 Miljö-, arbetsmiljö- och säkerhetsperspektiv samt övriga värderingar**

Ett annat sätt att mäta värdet av underhåll är att se över hur frågor som miljö, säkerhet och hälsa sköts i och med underhållet. Hur resultatet blir efteråt ur detta perspektiv är också en viktig aspekt.

Miljöarbetet har enligt erfarenhet skötts bättre under samordnade upprustningar än under enskilda upprustningar. Detta för att miljöarbetet har haft en given del i projektet. Egentligen krävs det inte att alla upprustningar sker i samordnade upprustningar för att SL:s miljöarbete ska fungera väl. Det som krävs är att det finns en resurs så miljöarbetet blir en självklar del av de enskilda upprustningar som sker på SL. Som det är idag sköts dock miljöarbetet bättre under samordnade upprustningar. Egentligen gäller det samma sak även med till exempel tillgänglighetsanpassning, med en resurs som är en del av alla upprustningar, enskilda som samordnade så kan tillgänglighetsanpassning enkelt bli en naturlig del i upprustningsarbetet.

Även om det skett dödsolyckor under enskilda upprustningar så är det svårt att säga att samordnade upprustningar är mycket säkrare. Samordnade upprustningar är fortfarande en väldigt liten del av allt det underhåll som skett på SL. Under samordnade upprustningar är både tågtrafiken och strömmen på banan avstängd vilket innebär en säkrare arbetsmiljö. Dock kan en pressad produktionstid för en samordnad upprustning orsaka en ökad arbetsmiljörisk. Idag finns det tillräckliga resurser i säkerhetsarbetet vid enskilda upprustningar, dock kan misstag ske och då är risken för olyckor självklart större när arbetet sker nattetid, då den trafikfria tiden är knapp. Vad



som däremot kan sägas är att det i längden inte är fysiskt hälsosamt för personalen som sköter underhållsarbetet att jobba för mycket nattetid.

Under samordnade upprustningar får man ett helhetsgrepp kring de viktiga miljöfrågorna, både hur upprustningen ska gå till och även vilka material och vilken teknik som väljs. Vid samordnade upprustningar kan man satsa på att byta ut teknik mot modernare och mer energibesparande tekniker. Detta kan man givetvis även göra vid enskilda upprustningar, men i vissa fall kan det vara mer tidskrävande och då väljer man att istället reparera den gamla tekniken. Frågan om material- och teknikval blir även mer fokuserad vid en samordnad upprustning tack vare det helhetsgrepp man har kring miljöfrågorna.

Att SL har en speciell informationsresurs är även viktigt för boendemiljön. Vid enskilda upprustningar vet närboende oftast inte var de ska höra av sig med klagomål om buller. Ibland när arbetet sker på natten vet de inte ens exakt vad det är som låter, om ljudet kommer från tunnelbanan eller någon annanstans. Då är det väldigt svårt att framföra sina klagomål och de närboende känner sig lätt förbisedda. Många arbeten orsakar buller, därför är det en fördel om arbetet sker dagtid, då de boende blir störda mycket mindre och dessutom under en kortare tid.

## 7.4 Slutsats

- De samordnade upprustningarna som hittills genomförts har varit både företags- och samhällsekonomiskt lönsamma. Detta betyder dock inte att samordnade upprustningar alltid är att föredra.

Om en enskild företeelse måste åtgärdas och tiden är begränsad så har man inte tid att vänta på samordnade upprustningar. Då är istället någon typ av enskild upprustning att föredra.

- Oavsett upprustningstyp är det alltid viktigt att få in resurser som tänker på säkerhet, miljö och tillgänglighetsanpassning.

Det som måste tillämpas i alla typer av upprustningar är att få in en resurs eller en rutin som gör tillgänglighetsanpassning och miljöarbetet till en obligatorisk del av arbetet. Samma sak gäller säkerhetsarbetet, detta är väl uppdaterat på SL idag, men det är viktigt att inte glömma säkerhetsarbetet. Informationsresursen är även den viktig för alla sorters upprustningar. Dessa olika resurser ger ett värde till upprustningar som inte går att mäta i pengar. Dessutom kan dessa värden ges till alla typer av upprustningar, det handlar bara om att få in denna resurs eller rutin.

- Tanken med samordnade upprustningar – att inte störa resenärerna i onödan – är helt rätt.

En förutsättning för detta är en väl skött ersättningstrafik. Huruvida enskilda upprustningar som görs som nattarbete är sämre för resenärerna är osäkert. Detta är beroende av hur mycket det påverkar den dagliga trafiken, och därmed resenärerna. Detta gäller både eventuella trafikstörningar på grund av komplikationer och även hur

stationernas yttre utseende och funktion påverkas. Däremot är det klart att enskilda upprustningar som kräver avstängning är jobbigare för resenärerna.

## 8 Diskussion

### 8.1 Diskussion

Innan samordnade upprustningar började tillämpas så kunde det flera gånger på samma station ske olika upprustningar. Detta gav en känsla av att arbetet aldrig blev klart. Det blev störande för resenärerna att besöka en station som ständigt var under upprustning. Även om det mesta arbetet var tvunget att ske nattetid så blev stationen en byggarbetsplats. Den överraskande positiva effekt som en nybyggd station kan ge på resenärerna efter en avstängning när en station åter tas i drift minskar. Då upprustningen av stationen sker under en lång tid blir förändringen inte lika tydlig.

Den slutsatsen som går att generalisera och sätta in i andra sammanhang är den att oavsett upprustningstyp är det alltid viktigt att få in resurser som tänker på säkerhet, miljö och tillgänglighetsanpassning. Detta är något som borde tillämpas av alla aktiva aktörer inom samhällsbyggnad, framförallt i de offentliga miljöer som byggs.

### 8.2 Framtida behov

De samordnade upprustningar som gjorts har tydligt varit ekonomiskt lönsamma, både företags- och samhällsekonomiskt. Detta beror dock på att de sträckor som har varit objekt för samordnade upprustningar har haft stora behov av att renoveras. Hur renoveringsbehoven utvecklas är svårt att säga, men det är inte säkert att de sträckor som idag upprustas under samordnade upprustningar kommer ha samma upprustningsbehov i framtiden. Förhoppningsvis kommer kvaliteten på anläggningen höjas och vissa delar av anläggningen kommer ha längre livslängd än andra. Därför kanske upprustningsbehovet blir mindre och likaså den ekonomiska vinsten vid en samordnad upprustning.

Effekt målet med samordnade upprustningar – att inget trafikstörande underhåll ska behövas göra på den renoverande sträckan på 15 år – bör ifrågasättas. Även om tanken inte är att en ny samordnad upprustning behöver göras igen efter dessa 15 år bör målet formuleras om. Det bör därför tilläggas att även efter dessa 15 år ska målet vara att ytterligare trafikstörande upprustningar ska begränsas.

I intervjun med Alex Cepeda framkommer det att det finns möjlighet, både tids- och omfattningsmässigt, att ha med bergunderhåll i samordnade upprustningar. Vidare i intervjuerna med Sven-Åke Eriksson kommer det fram att det finns möjlighet göra avstängningar av tunnelbanan i cityområdet. Detta får mig att tänka att man skulle vilja undersöka möjligheten att göra samordnade upprustningar även på de tunnelbanesträckorna som finns i city. Dessa upprustningar skulle dock få vara i en mindre omfattning då det nästan är en förutsättning att avstängningen görs under sommartidtabellen, som är begränsad till 8 veckor.

### 8.3 Fortsatt arbete

Det fortsatta arbete som jag skulle vilja se är att SL arbetar fram en modell för att bestämma dels om en samordnad upprustning ska göras och vad denna upprustning då ska innefatta. Denna modell ska redan i förväg ha tagit hänsyn till var och när den samordnade upprustningen bör ske. Detta kräver att underhållet är så väldokumenterat att det lätt går att överblicka var, både geografiskt och tidsmässigt, som ett större upprustningsbehov kan uppstå. Även här kommer självklart prisskillnaden på natt- och dagarbete vara en viktig faktor.

Då många olika parametrar påverkar hur en samordnad upprustning görs bäst och situationen är väldigt komplex kan det vara svårt att få fram en modell. Men det är i alla fall viktigt att få fram ett arbetssätt där ett antal utvalda punkter måste ses över. Detta arbetssätt bör även ta hänsyn till kvarvarande livslängd på de delar av anläggningen som tas med i upprustningen och då innebär en ekonomisk förlust. Inför valet av vilken sträcka som ska upprustas och även hur denna sträcka ska avgränsas bör alla möjliga trafiklösningar (hur tågen ska kunna vända, hur ersättningstrafiken ska gå och även anpassas till den befintliga busstrafiken) ses över och vägas emot vilka renoveringar som då kan inkluderas eller exkluderas i upprustningen.

I arbetssättet som tas fram bör man även ta hänsyn till de moderniseringsbehov som kommer komma efter hand, både när det gäller ny teknik i anläggningen och nya fordon. Planeringsarbetet inför kommande upprustningar måste stå i nära kontakt med planeringen av den tekniska utvecklingen i tunnelbanan.

## 9 Referenser

### 9.1 Litteratur

Björn Alfredsson, Roland Bernt och Hans Harlén, Stockholm Under, Brombergs Bokförlag AB, Nacka 2007.

Johan Silfwerbrand och Håkan Sundquist, Drift, underhåll och reparation av konstbyggnader, Institutionen för Byggkonstruktion, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, 2001.

Pelle Corshammar, Perfect Track – Din framgång i järnvägsunderhåll och driftsäkerhet, Lund, 2005.

Jaro Potucek och Claes-Göran Rydén, Den goda resan – Underlagsrapport Strategi för bärighet, drift och underhåll, Vägverket, 2003.

Ulla Espling, Maintenance strategy for a railway infrastructure in a regulated environment, Avdelningen för drift- och underhållsteknik, Luleå tekniska universitet, Luleå, 2007.

Per Elvingsson, Bättre Kollektivtrafik, Svenska Naturskyddsföreningen, Stockholm, 2005.

Resenärsforum, Resenärernas upplevelser av inställda turer och förseningar, Resenärsforum, Stockholm, 2006

SIKA Statistik, Kollektivtrafik och samhällsbetalda resor 2008, Statens institut för kommunikationsanalys, Östersund, 2009.

Hans Gillgren, Utvärdering Vackert Rättvik, Banverket, Vägverket, Sweco Architects, 2008.

De Bacquer, Van Risseghem, Clays, Kittel, De Backer, Braeckman, Rotating shift work and the metabolic syndrome: a prospective study, International Journal of Epidemiology, Volume 38, sid 848-854, 2009

Oscar Grönwall, Tillgänglighet i trafikmiljön – intressekonflikter som barriär?, Institutionen för Teknik och Samhälle, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2004.

Christer Hydén et al, Trafiken i samhället, Studentlitteratur, Malmö, 2008.

### 9.2 Interna rapporter

Storstockholms Lokaltrafik, Fruängsbanan samordnad upprustning 2006 – erfarenhetsrapport, Storstockholms Lokaltrafik, Stockholm, 2006.

Storstockholms Lokaltrafik, Samordnad upprustning 2008 Farstabanans Förstudierapport, Storstockholms Lokaltrafik, Stockholm 2005.

Sverker Enström, Natt och dag – slutrapport, Storstockholms Lokaltrafik, Stockholm, 2009

### **9.3 Internet**

TechWorld, Jörgen Städje, publicerat 2009-09-25:

<http://techworld.idg.se/2.2524/1.253031/sa-fungerar-tunnelbanans-sakerhetssystem>

Citybanan i Stockholm, Trafikverket, avläst 2010-12-21:

<http://www.trafikverket.se/citybanan>

Kollektivtransport, avläst 2010-10-24:

[http://fase2.kollektivtransport.net/uploads/file/kollektivtransport\\_sammendragsrapport.pdf](http://fase2.kollektivtransport.net/uploads/file/kollektivtransport_sammendragsrapport.pdf)

### **9.4 Bilder**

SL, avläst 2010-12-20

<http://sl.se/ficktid/karta%2Fvinter/Tub.pdf>

Johan Silfwerbrand och Håkan Sundquist, Drift, underhåll och reparation av konstbyggnader, Institutionen för Byggkonstruktion KTH, Stockholm, 2001.

Pelle Corshammar, Perfect Track – Din framgång i järnvägsunderhåll och driftsäkerhet, Lund, 2005.

## Bilaga 1 - Intervjuer

Jan Mesch, Grontmij, konsult på SL för Tyréns, 1995 – 2001, SL-anställd, 2001 – 2010, varav 2001 – 2003 på Banavdelningen och 2003 – 2010 på Fastighetsavdelningen, Intervju 2010-09-17.

Maria Vollmer, SL, Verksamhetsutveckling, Hållbar utveckling, Miljösamordnare, Intervju 2010-12-07.

Wivvi Swing, Jackie Hellman, SL, Produktions- och säkerhetsplanering, Intervju 2010-11-09.

Faegh Adelpour, SL, Banavdelningen, Teknik och utveckling, Intervju 2011-01-04  
Johan Axelsson, Grontmij, Projektledare SU2006, Intervju 2010-09-23.

Brittmarie Calming, Grontmij, Controller SU2008, Ulf Myrin, Grontmij, Projektledare SU2008, Intervju 2010-11-10.

Martin Lindahl, SL, Projektledare SU2011, Intervju 2011-01-17.

Ronny Öberg,, SL, Banavdelningen, Leverans och planering, Intervju 2010-12-01.

Alex Cepeda, SL, Banavdelningen, Leverans och planering, Intervju 2010-12-16.

Ulrika Adlerz-Lind, Grontmij, SL-anställd Fastighetsavdelningen 2006-2007, samt 2008-2010, Intervju 2010-11-03.

Thomas Fransson, SL, ICT, Intervju 2010-11-02.

Thomas Kari, SL, Elektroavdelningen, Kraft och Belysning, Projektledare, Intervju 2010-12-07.

Lennart Johnson, SL, Elektroavdelningen, Signal, Intervju 2010-10-25

Kenneth von Walden, SL, Elektroavdelningen, Elkraft tågdrift, Intervju 2010-11-01.

Ylva Preutz Papantoni, SL, Tillgänglighetsansvarig, Intervju 2010-12-20.

Ingemar Wellén, SL, Trafikavdelningen, Trafikplanering, Intervju 2010-11-02.

Sven-Åke Eriksson, SL, Trafikavdelningen, Trafikplanering, Intervju 2010-12-15.

Sverker Enström, SL, Trafikavdelningen, Intervju 2010-12-16.