Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2020-08-24

Ärende
TN 2020-0817

Infosäkerhetsklass
K1 (Öppen)

Handläggare
Fredrik Cavalli-Björkman
08-686 3904
fredrik.cavalli-bjorkman@sll.se

Trafiknämnden
2020-09-22, punkt 10

Godkännande av ingående av tilläggsavtal avseende avhjälpande av utmattningssprickor på tunnelbanefordon C20

Ärendebeskrivning

Samtliga tunnelbanevagnar av typ C20 är behäftade med utmattningssprickor i den bärande stålstrukturen vilket kräver avhjälpande åtgärder för att säkerställa och även fortsättningsvis möjliggöra en driftsäker trafik i tunnelbanan. Genom fullmäktiges beslut om godkännande föreslås Trafikförvaltningen att genom ingående av tilläggsavtal till befintligt uppdragsavtal med MTR Tunnelbanan AB (MTR) uppdra åt MTR att avhjälpa utmattningssprickorna.

Beslutsunderlag

Förvaltningschefens tjänsteutlåtande samt nedanstående underlag.

- Föreslaget tilläggsavtal, bilaga 1
- Kostnader för sprickåtgärder C20 vagnskorg – LCC-analys, bilaga 2
- Beslut om garantifråga i leverantörsavtal, SL 2013-0015 (K3-klassat) bilaga 3

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2020-08-24

Ärende
TN 2020-0817

Infosäkerhetsklass
K1 (Öppen)

Förslag till beslut

Förvaltningschefen föreslår att trafiknämnden inom ramen för nämndens förvaltningsuppdrag avseende AB Storstockholms Lokaltrafik beslutar följande.

1. Nämnden godkänner ingående av tilläggsavtal till befintligt uppdragsavtal avseende driften av tunnelbaneverksamheten enligt bilaga 1 till detta tjänsteutlåtande.

Förslag och motivering

Bakgrund

Tunnelbanevagnarna av typ C20 är tunnelbanans mest centrala fordon. C20-flottan sattes i trafikdrift under åren 1998–2004 och omfattar 271 fordon. C20-flottan har en central roll i uppfyllandet av de uppställda målen för tunnelbanan.

De omfattande utmattningsskador som uppstått på C20-flottan har med stöd från anlitad expertis inom hållfasthet och utmattning utretts av Trafikförvaltningen. Rotorsakerna till skadeutvecklingen är kartlagda och olika metoder för avhjälpande åtgärder är framtagna och analyserade i syfte att finna de mest kostnadseffektiva åtgärderna. Rekommenderade åtgärder och dess kostnadsposter är beskrivna i bilaga 2.

Utmattningsskadorna är föremål för prövning i ett pågående skiljeförfarande. Genom Trafiknämndens beslut 2017-03-21, punkt 13, ärende SL 2013-0015, gavs förvaltningschefen i uppdrag att vidta rättsliga åtgärder, innefattande att påkalla ett skiljeförfarande. Trafikförvaltningen påkallade skiljeförfarande hos Stockholms Handelskammares Skiljedomsinstitut den 21 mars 2017. Svarande i målet är Bombardier Transportation Sweden AB (BT).

Sedan skiljeförfarandet påkallades i mars 2017 har skadesituationen med sprickor förvärrats. Detta har medfört att den redan från början omfattande rättsprocessen har blivit än mer omfattande. Bland annat detta har bidragit till att processen har dragit ut på tiden och tvisten är ännu inte avgjord.

Mot bakgrund av att skadesituationen med sprickor har förvärrats, både i antal sprickor och i antal skadeområden, har Trafikförvaltningen varit (och är

alltjämt) nödgat att avhjälpa akuta skadesituationer där skadorna tangerat tillåtna säkerhetskriterier. För ett av de allvarligaste skadeområdena, infästning i automatkoppelfickan, har Trafikförvaltningen redan påbörjat ett permanent åtgärdande genom en avropsbeställning på befintligt Uppdragsavtal avseende tunnelbaneverksamheten till MTR. Inom ramen för det pågående skiljeförfarandet har Trafikförvaltningen framställt krav på ersättning för kostnaderna för avhjälpandet av automatkoppelfickan.

Den eskalerande situationen med skadeutvecklingen på C20-flottan och de risker som därmed uppstår vad avser möjligheten att upprätthålla en säker och fungerande tunnelbanetrafik gör att ytterligare skadeområden nu måste åtgärdas. Dessa skadeområden befinner sig kring fordonens dörröppningar och behöver avhjälpas med de åtgärdslösningar som Trafikförvaltningen verifierat som nödvändiga för att säkra driftsäkerhet och livslängd för C20-flottan med vidmakthållen säkerhetsnivå. Förvaltningsmålet för de rekommenderade livstidsäkrande åtgärderna har år 2031 som medianmål. Med hänsyn till den eskalerande skadesituation och att det pågående skiljeförfarandet har dragit ut på tiden bedömer Trafikförvaltningen att förvaltningen inte kan avvakta med att åtgärda skadorna på fordonen till dess att skiljeförfarandet är slutligt avgjort. Trafikförvaltningen kommer att så långt möjligt verka för att åtgärdskostnaderna kommer att tillföras befintligt ersättningsyrkande i skiljeförfarandet.

Att åtgärda skadeproblematiken på fordonen är starkt förknippat med planering och drift av tunnelbanan då samtliga C20-fordon används operativt. Tunnelbaneoperatören MTR hanterar i dag löpande alla säkerhetsinriktade sprickkontrollprogam som erfordras för C20-flottan samt genomför nödvändiga akuta reparationer på stålstrukturen inom ramen för sitt ansvar att upprätthålla trafikdriften. Som en naturligt angränsande tjänst till utförandet av uppdragsavtalet kommer MTR genom föreslaget tilläggsavtal att utföra de rekommenderade åtgärderna i samverkan med Trafikförvaltningens projektledning och anlitade expertis inom hållfasthet och utmattning som tagit fram åtgärdspaketet enligt bifogat beslutsunderlag, bilaga 2.

Överväganden och motivering

Trafikförvaltningen har kartlagt hela C20:s korgstruktur (rotorsaker, samband och tekniska lösningar) och har med en kostnadseffektiv metodik tagit fram ett nödvändigt åtgärdspaket som bidrar till att säkra flottans livslängd till år 2031.

Åtgärderna som ingår i föreslaget tilläggsavtal omfattar samtliga initiala större åtgärder som fordonen behöver. Problematiken med sprickor har varit känd en längre tid och beaktats i det generella förvaltningsarbetet och övriga utredningar av tunnelbanesystemet samt i tidigare beslut kring C20. Åtgärdslösningar för en livstidssäkring av C20 vagnskorg, och en tydlig kostnadsuppskattning för dessa, har dock inte varit kända förrän nu.

Trafikförvaltningen kan inte vänta på att det omfattande och utdragna skiljeförfarandet avgörs slutligt utan måste redan nu vidta de adekvata åtgärder som tillgången, dvs. fordonen, kräver för att inte riskera tunnelbanans fortsatta funktion. I det pågående skiljeförfarandet krävde Trafikförvaltningen inledningsvis att samtliga skador skulle avhjälpas. På grund av att skiljeförfarandet har dragit ut på tiden har risken blivit påfallande att en skiljedom, även om domslutet faller ut till Trafikförvaltningens fördel, inte inom rimlig tid skulle bidra till att felen på C20-fordonen blir avhjälpta på ett adekvat sätt. Trafikförvaltningen har därför tvingats agera för att slutligt börja lösa den tekniska problematiken med utmattningssprickor på C20-flottan och avser istället att kräva ersättning inom ramen för det pågående skiljeförfarandet för att avhjälpa skador på egen hand. Detta eftersom ett avhjälpande av sprickorna inte längre kan anstå utan att driftsäkerheten för tunnelbanan äventyras på ett oacceptabelt sätt. Genom att synliggöra kostnaderna för ett avhjälpande möjliggör Trafikförvaltningen ett ingående av föreslaget tilläggsavtal och Trafiknämnden beslut säkrar därmed C20-flottans viktiga funktion i kollektivtrafiken.

Trafikförvaltningens framtagna åtgärder för ett avhjälpande av problematiken med utmattningssprickor är en kostnadseffektiv mix av reparation, modifiering och sprickkontrollprogram som möjliggör mindre ingrepp men som samtidigt uppfyller kraven på en god säkerhetsnivå. Att jämförelsevis konstruera om C20 så att fordonen möter de ursprungliga kraven i leveransavtalet skulle bli betydligt mer kostsamt och bedöms som en sämre lösning ur ett tillgångsförvaltningsperspektiv.

Sammanfattningsvis föreslås Trafiknämnden besluta att godkänna ingåendet av tilläggsavtalet och de av Trafikförvaltningen framtagna åtgärder för ett avhjälpande av problematiken med utmattningssprickor.

Ekonomiska konsekvenser
Tilläggsavtalet som beslutet godkänner gäller åtgärder med en budgetomfattning av 484 mnkr fördelat på åren 2020-2023 (drygt 3 år). Budgetsumman är ca 70 % av den totala kostnaden, enligt bilaga 2, som kommer att krävas för att livstidsäkra C20-flottans bärande stålstruktur mot planerad livslängd, exkluderat redan bokförda eller kontrakterade kostnader. Resterande kostnad kommer till stor del att falla ut under nästa avtalsperiod för tunnelbanan (E40) och gäller främst löpande sprickkontrollprogram och reparationer vid utfall av sprickor som är större än tillåtna kriterier. Fördelning av den budget som tilläggsavtalet omfattar fördelar sig enligt nedan tabell.

Kostnadsfördelning per år, mnkr	
2020	15,9
2021	94,7
2022	204,3
2023	169,1

I bilaga 2 framgår ett prognostiserat utfall även av kostnadsposter fördelat per år för de åtgärder och år som inte omfattas av tilläggsavtalet. I Trafikförvaltningens föreslagna driftbudget återfinns kostnadsposter för åtgärder som berörs av föreslaget tilläggsavtal.

Riskbedömning
Spricksituationen på C20-fordonen har under flera år tagits upp i Trafikförvaltnings verksamhetsredovisning då det förelegat oklarheter om risker och kostnader förknippat med sprickorna. Rotorsaker, lösningsåtgärder och kostnader relaterat till utmattningssprickorna har emellertid nu blivit klarlagda. Ur ett tillgångsförvaltningsperspektiv implementeras med ett godkännande av tilläggsavtalet de tekniska åtgärder som neutraliserar riskerna med den nuvarande spricksituationen.

Att utgå från tunnelbaneentreprenörens ansvar och incitament i Uppdragsavtalet, samt det kunnande om fordonet som återfinns i tunnelbaneverksamheten, är en framgångsfaktor som minskar riskerna med genomförandet av åtgärderna.

Risken för att trafikdriften ska störas av det föreslagna avhjälpande åtgärdsarbetet bedöms som låg förutsatt att arbetet kan påbörjas och utföras

som planerat. Fordonstillgång av C20-fordon för trafikdrift, underhåll och olika fordonsprojekt är en ständigt aktuell fråga då C20 är den bärande fordonstypen i tunnelbanetrafiken med stor nyttjandegrad. Trafikförvaltningen och MTR samverkar aktivt för att säkra fordonstillgång till olika behov och fordon för de föreslagna åtgärderna kommer att prioriteras vid allokering.

Möjligheten att ytterligare vänta med att genomföra åtgärder på C20 fordonens bärande stålstruktur finns inte utan att kraftigt öka riskerna för tunnelbanans fortsatta trafikdrift. En hastigt påtvingad ersättningsinvestering i nya fordon är ett mycket kostsamt och icke önskvärt scenario och utgör en av anledningarna till att Trafikförvaltningen på egen hand tagit fram avhjälpande åtgärdslösningar.

Fördelarna med förslaget att ingå tilläggsavtal är betydande i och med att Uppdragsavtalet möjliggör ett genomförande med låg risk för tunnelbanans verksamhet samtidigt som priset för avhjälpandet är avtalsenligt och, enligt förvaltningens bedömning, marknadsmässigt. Trafikförvaltningen har låtit genomföra pilotreparationer av föreslagna åtgärdslösningar för att säkerställa reparationsmetoder och underlätta ett genomförande på hela C20-flottan. Förvaltningen har i god samverkan med tunnelbaneentreprenören och enligt Uppdragsavtalets ramar tagit fram bilagt tilläggsavtal, villkorat av trafiknämndens slutgiltiga godkännande.

Konsekvenser för miljön
I enlighet med ”Miljöprogram för Stockholms läns landsting 2017-2021” har hänsyn till miljön beaktats och slutsatsen är att det inte är relevant med en miljökonsekvensbedömning i detta ärende. Beslutet medger att C20-fordonen planerade livslängd kan upprätthållas och att en för tidig utfasning, samt att en påtvingad ersättningsinvestering i nya fordon, undviks.

Sociala konsekvenser
Beslutet bedöms inte ha några sociala konsekvenser annat än att trafikutövare av tunnelbaneverksamheten kommer att få bättre planeringsförutsättningar för planering av drift- och underhåll när de avhjälpande åtgärderna är genomförda.

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2020-08-24

Ärende
TN 2020-0817

Infosäkerhetsklass
K1 (Öppen)

Sara Catoni
Förvaltningschef

Fredrik Cavalli Björkman
Avdelningschef

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen
Tunnelbana

TILLÄGGSAVTAL
2020-08-31
Version 1.0

Ärende/Dok. id.
TN 2020-0817

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Tilläggsavtal 19 avseende avhjälpande av systematiska fel i form av utmattningssprickor på fordonstyp C20

Detta tilläggsavtal nr 19 till Uppdragsavtalet avseende tunnelbane-verksamheten i Stockholm (nedan "**Tilläggsavtalet**") har denna dag träffats mellan:

(1) AB STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK, org.nr 556013-0683, med adress 105 73 Stockholm, ("**SL**") genom Trafiknämnden inom Region Stockholm, org.nr 232100-0016 ("**TN**"); och

(2) MTR TUNNELBANAN AB, org.nr 556762-7152, med adress Box 10038, 121 26 Stockholm, ("**Entreprenören**").

1 Partsförhållanden

1.1 TN fullgör Region Stockholms uppgifter som regional kollektivtrafikmyndighet. TN har uppdragits att svara för förvaltning av SL:s tillgångar och avtal samt att företräda och rättshandla åt SL. Detta förvaltningsuppdrag ger TN, i förhållande till Entreprenören, samma befogenheter som SL. TN kan med bindande verkan uppträda på samma sätt som SL såsom part. Detta avtal ingås med stöd av förvaltningsuppdraget.

1.2 TN och SL kallas i det följande var för sig och gemensamt för "**Beställaren**". Beställaren och Entreprenören kallas i det följande var för sig för "**Part**" och gemensamt för "**Parterna**".

2 Bakgrund

2.1 Beställaren och Entreprenören har ingått ett uppdragsavtal avseende tunnelbaneverksamheten i Stockholm ("**Uppdragsavtalet**").

2.2 I Uppdragsavtalet framgår att Beställaren äger rätt att avropa, och Entreprenören har skyldighet att utföra, tillkommande tjänster som naturligen sammanhänger med Tunnelbaneverksamheten.

2.3 Entreprenören har ett helhetsåtagande för drift och underhåll av Tunnelbaneverksamheten. Entreprenören utför idag inom ramen för Uppdragsavtalet underhållsaktiviteter på fordonen enligt fastställda underhållsintervall. Underhåll sker genom förebyggande underhåll ("**FU**") och genom avhjälpande underhåll ("**AU**").

2.4 Entreprenören har i Uppdragsavtalet ett ansvar att proaktivt förvalta Beställarens fordon vilket bl.a. sker genom framtagande av förvaltningsplan för fordonstyp C20 enligt fastställd metodik.

2.5 Entreprenören ansvarar generellt för framtagande av åtgärder som krävs för att vidmakthålla fordonens status och funktion genom sitt förvaltningsansvar för fordonen.

2.6 Samtliga C20-fordon är behäftade med sprickor i den bärande stålstrukturen. Dessa sprickor är klassade som "Systematiska fel" i enlighet med Uppdragsavtalets definition för vilka Beställaren enligt Uppdragsavtalet har ett ansvar att ombesörja åtgärdande av felen. Sprickproblematiken på C20-fordonen kräver avhjälpande åtgärder för att säkerställa och även fortsättningsvis möjliggöra en driftsäker trafik i tunnelbanan.

2.7 För den bärande stålstrukturen på C20-fordonen finns även en särskild överenskommen ansvarsfördelning mellan Parterna. Beställaren har det övergripande förvaltningsansvaret för den bärande stålstrukturen (till skillnad från övriga fordonssystem där Entreprenören ansvarar) och för att ta fram åtgärdslösningar för de olika skadeområdena på den bärande stålstrukturen. Detta Tilläggsavtal följer den tidigare överenskomna ansvarsfördelningen mellan Parterna och är i övrigt i enlighet med Uppdragsavtalet. Vid eventuell motsägelse gäller dock detta Tilläggsavtal framför tidigare överenskommelse.

2.8 Beställaren driver ett särskilt projekt (AMS) med anlitad expertis för att hantera skadeproblematiken och utmattningssprickor. Entreprenören medverkar i projektet, bl.a. genom medverkan i framtagande av realiserbara

åtgärdsmetoder som på ett hållbart sätt avhjälper skadesituationen och hanterar de Systematiska felen.

2.9 I Uppdragsavtalet finns en etablerad process för ändringsbegäran, ÄB-processen, som generellt används vid förslag och beslut av tekniska förändringar på fordon.

2.10 Parterna är överens om att åtgärderna för att avhjälpa skadesituationen och utmattningssprickorna (de Systematiska felen) enligt plan ska genomföras av Entreprenörens organisation.

2.11 Beställaren har tagit fram initiala åtgärdslösningar enligt en metodik som ger bästa möjliga livscykelkostnad. Dessa åtgärder återges i en rapport som Beställaren tagit fram, Kostnader för sprickåtgärder C20 vagnskorg – LCC-analys, som är en sammanställning av alla de avhjälpande åtgärder (initiala avhjälpande åtgärder enligt detta avtal samt en beräkning av kommande behövda åtgärder) som behövs för att säkra den bärande stålstrukturen under planerad och nödvändig livslängd.

2.12 Det finns i dag ett pågående avhjälpande av skadeområdet i C20 automatkoppelficka vilket sker genom ett avrop under Uppdragsavtalet där Beställaren står kostnaden för Entreprenörens organisation och tillkommande produktionskostnader.

2.13 Detta Tilläggsavtal avser genomförande av de större initiala avhjälpande åtgärder som behövs för att säkra fortsatt funktion av de 270 fordon i C20-flottan under planerad och nödvändig livslängd (**"Uppdraget"**). De specificerade skadeområden som för närvarande omfattas av Uppdraget är positioner vid övre dörrhörn och nedre dörrhörn och kostnadsberäkningen för dessa skadeområden beräknas till 484 mnkr, vilket också är värdet (maxnivån) för detta Tilläggsavtal, fördelat på åren 2020–2023 (3,5 år) enligt nedan tabell 1.

Kostnadsfördelning per år, mnkr	
2020	15,9
2021	94,7
2022	204,3
2023	169,1

Tabell 1.

2.14 Det är Parternas avsikt att Uppdraget ska genomföras under den tid som återstår av Uppdragsavtalet. I bilaga 1 beskrivs den uppskattade produktionstakten och hantering av eventuell förändring av densamma.

2.15 Mot bakgrund av ovanstående och det planerade samarbetsupplägget för genomförandet av Uppdraget har Parterna enats om detta Tilläggsavtal.

3 Omfattning av Uppdraget

3.1 Entreprenören ska skapa en utförarorganisation med rätt kvalifikationer för utförande av de initiala avhjälpande sprickåtgärderna i enlighet med detta Tilläggsavtal. Uppdraget ska genomföras i synergi med det pågående uppdraget avseende automatkoppelfickan, vilket produktionsmässigt ska inkorporeras i detta Uppdrag.

3.2 Genomförandet av Uppdraget ska ske i ett gemensamt projekt mellan Parterna. Projektet för genomförande kommer att namnges AMS C20 Genomförande. Beställaren tillsätter projektstyrningsresurser och Entreprenören ska tillsätta en operativ produktionsledning för planering och arbetsledning av allt utförande. Bilaga 1, Plan för genomförande (inklusive produktionsplan) uppdateras i projektsamverkan, för ansvarsfördelning se nedan, kapitel 4.

3.3 Entreprenören ska kontinuerligt följa upp risker och förändringar i sin verksamhet i syfte att minimera sannolikheten för oväntade störningar i produktionen.

3.4 Entreprenören ska avseende detta Uppdrag ansvara för materialförsörjning och lagerhållning, i det fall detta är tillämpligt, på samma sätt som enligt det allmänna åtagandet som framgår av Uppdragsavtalet. Entreprenören ansvarar således även för att säkerställa att material och utrustning alltid finns tillgängligt för att utföra Uppdraget enligt detta Tilläggsavtal.

3.5 Entreprenören ska löpande i projektet rapportera framdrift och risker avseende implementeringen av de avhjälpande åtgärderna mot produktionsplanen samt månadsvis redovisa faktureringsunderlag.

3.6 Efter utförd åtgärd ingår de modifierade fordonen i Entreprenörens löpande åtagande enligt Uppdragsavtalet.

4 Ansvar- och riskfördelning

4.1 Beställaren tar fram en verifierad och validerad konstruktion/design för respektive avhjälpande åtgärd vilken ska presenteras för och godkännas av Parterna genom den ÄB-process som Parterna tillämpar. ÄB-processen ska tillämpas avseende alla åtgärder på fordon som omfattas av detta Tilläggsavtal.

4.2 Beställaren bekostar Entreprenörens organisation samt omkostnader för utförandet och står därmed kostnadsrisken vid eventuella förseningar och oförutsedda händelser. Undantaget från Beställarens ansvar är om Entreprenören uppsåtligt eller genom vårdslöst agerande inom detta Uppdrag orsakar försening.

4.3 Beställaren tillhandahåller arbetsspår i Hammarbydepån och C20-fordon (avställda SL-fordon) utan kostnad för Entreprenören enligt projektets Bilaga 1, Plan för genomförande.

4.4 Under genomförandet av Uppdraget bistår Beställaren med expertis på hållfasthet och utmattning och har ett tekniskt supportansvar för åtgärdsmetoderna i linje med överenskommet förvaltningsansvar för den bärande stålstrukturen.

4.5 Beställaren ansvarar för övergripande projektstyrning och projektplanering samt projektuppföljning och eventuell prioritering mellan avhjälpande av olika skadeområden.

4.6 Entreprenören ansvarar för operativ produktionsledning och att resurssäkra en utförarorganisation för Uppdraget samt delplanera alla ingående delar och aktiviteter mot Bilaga 1, Plan för genomförande.

4.7 Entreprenören ansvarar för att planera produktionen och genomföra de avhjälpande åtgärderna på C20-flottan enligt beslutade metoder och instruktioner enligt Bilaga 1, Plan för genomförande.

4.8 Entreprenören ansvarar för att rapportera utförda åtgärder på fordon i gällande underhållsdatasystem vilket ingår i Entreprenörens grunduppdrag enligt Uppdragsavtalet.

4.9 Uppdraget ska genomföras genom samarbete och i full transparens mellan Parterna. Uppdragets ingående projektaktiviteter, såsom verkstadsanpassningar, anskaffningar och övriga åtgärder, ska återfinnas i projektets tidsplan och aktivitetslista.

5 Ersättning

5.1 De priser som avtalats i Uppdragsavtalet och som framgår av Bilaga 5A Ersättningsmodell ska tillämpas för Uppdraget. Avropspriserna framgår i Uppdragsavtalets Bilaga 5A punkt 4 Ersättning för av Beställaren särskilt beställda tjänster (Avropspriser). Avropspriserna (arbetstid justeras enligt index med vägningstal b), basmånad för indexberäkning är september 2008. Ersättning utgår efter utfört arbete och i enlighet med betalningsvillkor angivna i Uppdragsavtalet, 5A Ersättningsmodell. MO-påslag på material om 15 % ingår i enlighet med Bilaga 5A.

5.2 Under Tilläggsavtalet utgår ersättning till Entreprenören för den personal som är knuten till utförande och planering av Uppdraget samt för den verkstadsanpassning, material, utrustning och andra anpassningar som är knutna till utförande och genomförande av Uppdraget, inklusive anpassningar och åtgärder som inte är direkt produktionsrelaterade men ändå kan anses vara en del av Uppdragets genomförande. I Bilaga 1, Plan för genomförande, framgår den planerade arbetsmängden per månad vilket utgör majoriteten av ersättningen och utgör därmed grund till betalplan samt budget enligt tabell 1. Fakturering sker månadsvis i efterskott av upparbetad arbetstid och övriga kostnader tagna för utförande av Uppdraget.

5.3 Beställaren ersätter verifierade kostnader som Entreprenören har för att utföra Uppdraget. Kostnader ska vara kopplade till aktiviteter i Uppdraget, tex personalomkostnader, anskaffning och service av utrustning, materialinköp, etc. Samtliga fakturerade kostnader ska vara noggrant specificerade och verifierbara i beräkningsbara verktyg (Excel el. motsv.). Ersättning utgår månadsvis efter fakturering och redovisning av verifierat underlag. I övrigt är Uppdragsavtalets villkor och rutiner rörande fakturering tillämpliga på detta Tilläggsavtal.

5.4 Beställaren ersätter Entreprenören för nödvändiga, skäliga och verifierade kostnader för eventuellt externt upphandlad tjänst inom ramen för Uppdraget.

5.5 Entreprenören betalar ingen hyra för den utrustning som anskaffats och bekostats av Beställaren särskilt för Uppdraget.

5.6 Detta Tilläggsavtal reglerar endast genomförandet av initiala åtgärdslösningarna på C20-flottan, dvs. Uppdraget. Tilläggsavtalet reglerar inte det åtagande (och de kostnader) som Entreprenören får för genomförande av de nya provningsprogram (sprickkontroller) som löpande följer efter utförandet av Uppdraget. Kostnader för provningsprogram och

eventuella efterföljande reparationsåtgärder ersätts separat av Beställaren enligt överenskommelse mellan parterna.

5.7 Detta Tilläggsavtals värde, enligt produktionsplan, och den maximala ersättning som kan utgå enligt detta Tilläggsavtal är begränsat till 484 Mkr.

5.8 Utöver vad som anges i detta Tilläggsavtal ska de justeringar av Uppdragsavtalet som görs genom ingående av detta Tilläggsavtal inte medföra någon justering i den ersättning som Entreprenören erhåller enligt Uppdragsavtalet.

6 Övrigt

6.1 Tilläggsavtalet träder i kraft den dag då behöriga företrädare för båda Parter har undertecknat detta Tilläggsavtal samt under förutsättning av att tilläggsavtalet godkänts av trafiknämnden och eventuellt regionfullmäktige.

6.2 De specificerade skadeområden som omfattas av Uppdraget och de initiala avhjälpande åtgärderna som ingår i Uppdraget kan vid behov utökas om andra skadeområden utvecklas på ett sätt som kräver initiala avhjälpande åtgärder. Vid utökning av Uppdraget sker ett särskilt avrop av tillkommande tjänst utöver detta Tilläggsavtal.

6.3 Beställaren har rätt att när som helst, helt eller delvis, avbryta Uppdraget och Beställaren ersätter då Entreprenören för utfört arbete och skäliga avvecklingskostnader.

6.4 Utrustning som införskaffats för Uppdraget är Beställarens egendom och ska registreras och ingå som Beställarens egendom enligt Uppdragsavtalet.

6.5 Såvida inte annat anges i detta Tilläggsavtal gäller de tillägg till Uppdragsavtalet som föreskrivs genom detta Tilläggsavtal med samma löptid som Uppdragsavtalet.

6.6 Bortsett från de förändringar som beskrivs i detta Tilläggsavtal ska Uppdragsavtalet fortsatt gälla på oförändrade villkor.

6.7 Detta Tilläggsavtal utgör en integrerad del av Uppdragsavtalet. Om ett förhållande mellan Parterna inte regleras i detta Tilläggsavtal ska bestämmelserna i Uppdragsavtalet gälla även för detta Tilläggsavtal. Vid eventuella motstridigheter mellan lydelser i Tilläggsavtalet och Uppdragsavtalet ska Tilläggsavtalets lydelse äga företräde.

6.8 Entreprenören ska medverka till att pågående hantering av åtgärder enligt detta Tilläggsavtal, vid behov, ska övergå till ny entreprenör i samband med att Uppdragsavtalet upphör.

7 Bilagor

Bilaga 1 Plan för genomförande

8 Tillämplig lag och tvistlösning

De regler rörande tillämplig lag och tvistlösning som gäller för Uppdragsavtalet ska gälla även detta Tilläggsavtal.

Detta Tilläggsavtal 19 har upprättats i två (2) likalydande exemplar varav Parterna tagit var sitt.

Stockholm den 2020-09-

För AB STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK

Förvaltningschef Trafikförvaltningen

Stockholm den 2020-09-

För MTR STOCKHOLM AB

Caroline Åstrand
VD MTR Tunnelbanan AB

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen
Sektion Tunnelbana

Handläggare
Andreas Johansson

BILAGA 1
2020-08-31
Version 1.0

Ärende/Dok. id.
AMS20-005

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Bilaga 1 – Plan för genomförande

Bilaga till - *Tilläggsavtal 19 avseende avhjälpande av systematiska fel i form av utmattningssprickor på fordonstyp C20*

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen
Tunnelbana

BILAGA
2020-08-31
Version 1.0

Ärende/Dok. id.
AMS20-005

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Innehåll

Syfte med dokumentet 3
Samverkan, roller och ansvar 3
Produktionskapacitet, produktionsupplägg 5
Lokaler, utrustning och material 7
Riskmitigering 9
Rapportering 10
Produktionsplan 10
Budget för genomförande 12

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen
Tunnelbana

BILAGA
2020-08-31
Version 1.0

Ärende/Dok. id.
AMS20-005

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Syfte med dokumentet

Dokumentet fastslår en plan för genomförandet av avhjälpande sprickåtgärder vid godkännande av Tilläggsavtal 19 samt ska fungera som projektspecifikation över hela genomförandeperioden och ska löpande uppdateras vid förändring.

Dokumentet hanterar inte den analys- och förberedelsefas som pågår inför godkännande av Tilläggsavtal 19.

Samverkan, roller och ansvar

Som framgår av Tilläggsavtalet kallas projektet för "AMS C20 genomförande".

Entreprenörens organisation kommer att anpassas efter produktionsfaserna beroende på behov och i samverkan med beställaren.

Entreprenörens funktion för operativ produktionsledning bildar tillsammans med Beställarens projektledare genomförandets operativa ledning. Denna grupp ska ha täta avstämningar och uppföljningar i syfte att säkra planerad produktion.

Både Beställarens och Entreprenörens funktioner för genomförandets operativa ledning kommer att ha kontorsplatser i anslutning till arbetsspåren i Hammarbyverkstaden för att optimera förutsättningarna för god och effektiv samverkan.

Projektets dokumentation ska samlas på en avsedd projektyta på Project Place och vara tillgängligt för både Beställare och Entreprenör.

Som komplement till denna övergripande plan (projektspecifikation) kommer projektet att ha en tid- och aktivitetsplan i format MS project som hanterar löpande frågeställningar och behov. Projektledaren är ansvarig för tid- och aktivitetsplanen. Ändringar i planen tas fram i samråd mellan Beställare och Entreprenör.

En av Entreprenörens viktigaste roller i projektet är att kontinuerligt arbeta för och i största möjliga mån säkra rätt bemanning mot gällande plan.

Samarbetsupplägget mellan Beställare och Entreprenör ska ske genom att *ett* projekt och *en* ledning upprätthålls, i syfte att upprätthålla en effektiv organisation.

Sponsor och projektägare är Trafikförvaltningens chef för sektion tunnelbana. Sponsorn är beslutande funktion för projektet. En affärsförvaltare hos Trafikförvaltningen ansvarar för attestering av projektets kostnader och för Trafikförvaltningens budgethantering av projektet.

Beställarens funktion för löpande övergripande styrning och ledning av projektet kommer att utgöras av tre roller med följande beskrivning och mandat:

> Uppdragsledare; övergripande ansvarig för Tilläggsavtalet och kontraktuella frågor. Uppdragsledaren rapporterar till sponsorn.
>
> Projektledare; operativt ansvarig för projektets övergripande genomförande såsom planering, prognoser och uppföljning, inkluderat granskning av rapportering och fakturaunderlag. Projektledaren är ansvarig för att detta dokument är uppdaterat. Projektledaren rapporterar till uppdragsledaren och sponsor.
>
> Teknisk support; ansvarar för hållfasthetsberäkningar och utveckling och anpassning av åtgärdsmetoder med avseende på den bärande stålstrukturen. Denna funktion tillhandahålls genom av Beställaren anlitad expertis under hela genomförandet. Den tekniska supporten leds av och rapporterar till projektledaren som är ansvarig för att kapaciteten av teknisk support täcker behovet.

Entreprenörens övergripande ansvarige för Tilläggsavtalet och kontraktuella frågor är platschefen för Hammarby.

Entreprenörens funktion för genomförandet består av:

> Produktionsledare hos Entreprenören. Denna roll är huvudsakligt ansvarig för Entreprenörens kontakt till Beställaren och dess projektledare gällande genomförandet och ansvarar att Entreprenören vidtar rätt åtgärder för att säkra genomförandet

enligt plan. Det är produktionsledaren som har operativt produktionsansvar.

Produktionsutvecklare hos Entreprenören. Denna roll jobbar med produktionsberedning, produktionsutveckling, kvalitetsuppföljning och rapportering av produktion.

Teknisk beredare hos Entreprenören. Denna roll jobbar dels med att planera och koordinera OFP arbeten för sprickåtgärderna och dels med att koordinera metodutveckling med hjälp av tekniska specialister och driva FAI:er, ÄB process, etcetera.

Produktionschef hos Entreprenören. Denna roll jobbar med att genom gruppchefer leda och fördela arbetet i den dagliga produktionen.

Produktionskapacitet, produktionsupplägg

Hammarbyverkstaden är den lämpligaste platsen i tunnelbanesystemet att genomföra de avhjälpande sprickåtgärderna på C20-flottan. I Hammarbyverkstaden görs normalt alla avancerade skadereparationer på tunnelbanefordon och där finns också lämpliga och tillgängliga arbetsspår.

Planerad maximal verkstadskapacitet som ska tillhandahållas av Beställaren är fem arbetsspår i Hammarbyverkstaden där produktion kan utföras på fem C20-fordon parallellt. När maximal produktion pågår är fem C20-fordon allokerade att kontinuerligt vara avställda för avhjälpande sprickåtgärder, dvs fordonen är ej tillgängliga för trafik eller ordinarie underhållsarbete. Beställaren har ansvar att tillhandahålla arbetsspår för produktion enligt gällande produktionsplan och utan tillkommande kostnad för Entreprenören.

Utav de fem arbetsplatserna kommer ett arbetsspår delvis utnyttjas särskilt för det nu pågående Koppelfickprojektet. Under den faktiska produktionen kommer detta fordon att användas i synergi med andra mindre projekt och sprickåtgärder.

Utöver det arbetsspår och fordon som ianspråktas av Koppelfickprojektet, planeras ett fordon och en arbetsplats utnyttjas av ett arbetsskift per dygn, dagtid under resterande del av 2020 och 3 månader in i 2021. Under denna

period planeras en intrimning av produktionen samtidigt som den personella kapaciteten ökas succesivt.

Från april till december 2021 planeras en produktionsökning till två fordon och två arbetsplatser, som utnyttjas av ett arbetsskift per dygn, dagtid. Under denna period kommer fokus vara på att öka produktionstakten, samtidigt som det planeras ytterligare ökning av den personella kapaciteten i takt med att resurser kan rekryteras, utbildas och kvalificeras.

Efter denna period, planeras ytterligare ökning av produktionstakten till full takt med utnyttjande av totalt fem arbetsspår, varav ett spår är dedikerat för Koppelfickprojektet och resterande fyra spår dedikeras till andra sprickområden. I samband med detta, planeras även en utökning av personalstyrkan som då väntas omfatta två arbetsskift per dygn.

Entreprenörens produktionsorganisation för detta kommer se ut som det som visas i Tabell 1 nedan, denna organisation ses som riktvärden och kommer justeras vartefter projektet löper på. Timpriserna nedan är enligt Uppdragsavtalets priser dvs 520 kr och 750 kr, justerade enligt 2020 års index.

Notera att månadskostnad inte är justerat med indexpris för respektive tidsperiod på grund av att månadskostnad varierar beroende på vilket år den månaden hamnar i.

		Antal				Månadskostnad per fas		
	Kompetenser	Fas0	Fas1	Fas2	Timmar	Fas0	Fas1	Fas2
615	Svetsare	4	10	24	160	393 600	984 000	2 361 600
615	Reparatör	4	16	40	160	393 600	1 574 400	3 936 000
615	Reparatör C20	2	6	14	160	196 800	590 400	1 377 600
615	Slipare	2	10	25	160	196 800	984 000	2 460 000
615	Förare	1	1	2	160	98 400	98 400	196 800
615	OFP-tekniker	2	6	8	160	196 800	590 400	787 200
887	Projektledare	1	1	1	160	141 920	141 920	141 920
887	Delprojektledare	2	2	2	160	283 840	283 840	283 840
887	Gruppchef	1	3	5	160	141 920	425 760	709 600
887	Planerare	1	1	2	160	141 920	141 920	283 840
887	Produktionstekniker	1	2	2	160	141 920	283 840	283 840
887	HR	1	2	1	160	141 920	283 840	141 920
887	Admin/dokumentation	1	2	3	160	141 920	283 840	425 760
887	IWS	2	3	4	160	283 840	425 760	567 680
887	Övriga funktioner, timrapportering	3	3	3	160	425 760	425 760	425 760
	Direkta	15	49	113		1 476 000	4 821 600	11 119 200
	Indirekta	13	19	23		1 844 960	2 696 480	3 264 160
	Totalt	28	68	136		3 320 960	7 518 080	14 383 360

Tabell 1 Kostnadskalkyl prognos

Lokaler, utrustning och material

Beställaren kan komma att göra anpassningar av verkstad och personalutrymmen. Dessa anpassningar ska återfinnas i projektets tids-och aktivitetsplan men ingår ej kostnadsmässigt i detta Tilläggsavtal 19.

Entreprenören kommer att ha ett stort åtagande i projektet att anskaffa och anpassa utrustning och materiel för att genomföra uppdraget enligt denna plan.

Genomförandet kommer att kräva införskaffning av kompletterande produktionsutrustning samt utveckling av stödjande utrustning och fixturer.

Genomförandet behöver material i form av stål för användning i reparationsprocesser samt förbrukningsmateriel, verktyg och tillbehör. En preliminär sammanställning visas i Tabell 2 nedan, vilken inte är uttömmande utan kan komma att ändras, vilket kan komma att påverka kvantitet och pris. Materialpriserna nedan är inräknade med MO-påslag enligt Uppdragsavtalets villkor.

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen
Tunnelbana

BILAGA
2020-08-31
Version 1.0

Ärende/Dok. id.
AMS20-005

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

	a pris	antal	kommentar	Total
Verktyg				
Utsug	40 250	12		483 000 kr
Svets MIG/MAG	138 000	6		828 000 kr
TIG-svets	11 500	3		34 500 kr
Specialverktyg	1 150 000	3	per reparationsområde	3 450 000 kr
Personliga verktyg	5 750	111	Förare exkluderad	638 250 kr
Fiberoptik	230 000	1		230 000 kr
Värmekamera	8 050	4		32 200 kr
Slipverktyg	287 500	8		2 300 000 kr
Förbrukningsmateriel	2 300	19 440	per åtgärd (270*72)	44 712 000 kr
Elförbrukning	500 000	3	Kostnad per år	1 500 000,00 kr
Arbetsplatsanpassning				
Produktionsanpassning av lokal, försörjning av media el, luft etc.)	750 000	1		750 000 kr
Verkstadsutrustning	230 000	4	per metod (övre inre gånger 2)	920 000 kr
Ergonomianpassning/Ergonomiutrustning	287 500	3	per reparationsområde	862 500 kr
Arbetsmiljöanpassning av lokal för stor produktion	1 150 000	1		1 150 000 kr
Skärmvägg	11 500	25		287 500 kr
Produktionsledning				92 585 872 kr
Kvalificering personal				
Kvalificering Slipare	10 350	25	För 3 metoder, Övningsmaterial	258 750 kr

Kvalificering Slipare, arbetstid	90	25	1440 timmar arbetstid i snitt för 3 metoder för 25 slipare.	1 383 750 kr
Kvalificering svetsare licenskostnad	182 988	24	Övningsmaterial och licenskostnad för 3 metoder.	4 391 712 kr
Kvalificering svetsare arbetstid	200	24	4800 timmar arbetstid i snitt för 3 metoder för 24 svetsare.	2 952 000 kr
				159 750 034 kr

Tabell 2. Verkstadsanpassning, Verktyg och förbrukningsmaterialkostnader

Kostnader för produktionsledning och kvalificering arbetstid i tabell 2 är inräknat i personalkostnader i budgeten.

Riskmitigering

Det finns kapacitetspåverkande faktorer som kan ändras och som genomförandeprojektet inte självt rår över. Som exempel är antalet möjliga arbetsplatser i tunnelbanesystemet och i Hammarbyverkstaden begränsade. En annan faktor är att totala antalet fordon tillgängliga för trafik, underhåll eller fordonsprojekt är begränsat.

Två övergripande kapacitetsrisker har identifierats.

1) Att ett eller flera (av totalt fem) av projektets allokerade arbetsspår i Hammarbyverkstaden behöver användas för skadereparation (krock- eller urspårningsskador) av C30-fordon då det saknas annan kapacitet.
2) Att genomförandeprojektet inte får tillgång till de maximalt fem C20-fordon som allokerats och som ingår i planeringsförutsättningen. Risken kan infalla pga. omständigheter i driften av tunnelbanan och i anpassning av tunnelbanans förutsättningar.

För att minimera effekten av den första risken med att C30 skadereparation behöver utföras på de allokerade arbetsspåren finns två åtgärder identifierade. Första åtgärd är att minimera den tid som C30-fordon står uppställda på arbetsspåren till att omfatta endast aktiv reparationstid, dvs ej

utredningsarbete, förarbete etcetera som kan ske på annan plats. En andra åtgärd är att Beställare och Entreprenör undersöker möjligheten att iordningställa ytterligare ett arbetsspår i Hammarbyverkstaden som kan fungera som reservarbetsspår till ett C20 fordon. Det finns befintliga arbetsspår som är anpassade för äldre Cx-fordon.

Den andra risken hanteras genom att parterna, Beställare och Entreprenör, har ett särskilt forum som planerar och säkerställer så att fordonstillgången är säkrad till, eller prioriteras mot, tunnelbaneverksamhetens olika behov.

Projektet ska löpande arbeta med kartläggning av samtliga risker samt hantering och uppföljning av riskerna.

Rapportering
Projektet ska månadsvis rapportera om följande områden:

- Produktion, utfall mot produktionsplan. Ackumulerat utfall.
- Tidsåtgång per fordon, arbetstid och ledtid. Effektivitetsmått.
- Godkända fakturaunderlag från Entreprenören.
- Totalt kostnadsutfall mot budget. Prognos.
- Risker, förslag och förändringar.
- Närvarotid i projektet för samtliga resurser.
- Dagböcker över arbetad tid i projektet (för personal som inte arbetar heltid i projektet)

Rapportering sker genom uppladdning på projektets yta på Project Place.

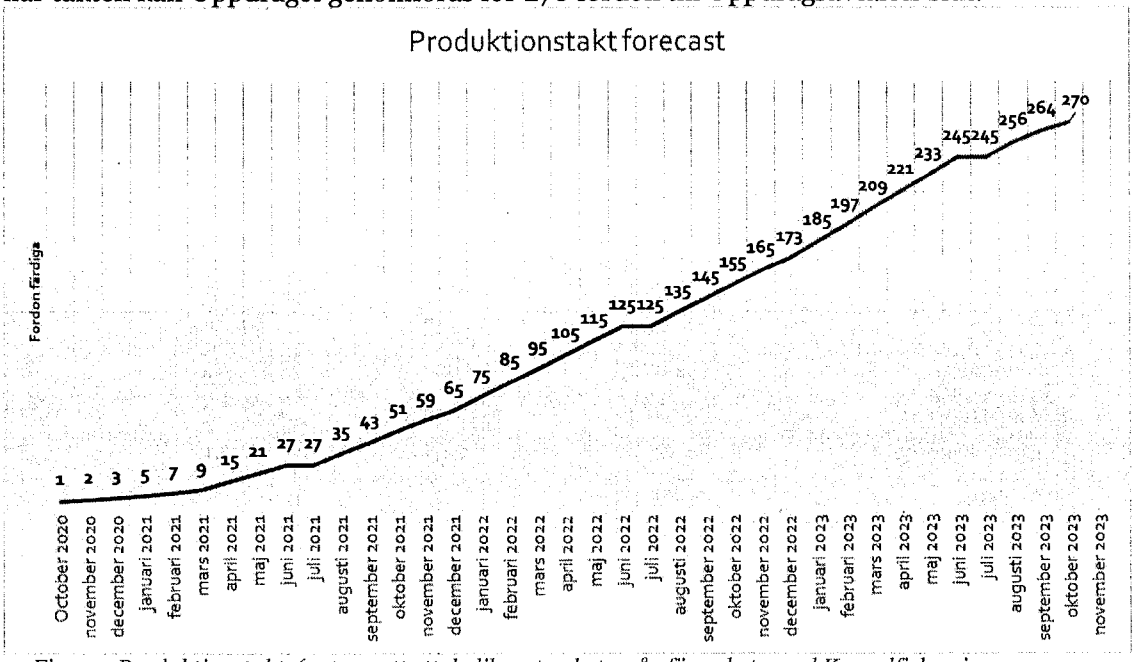
Entreprenörens underlag till fakturor gås igenom i projektet innan faktura ställs ut till Beställaren. För granskning av fakturaunderlag har Beställaren fem (5) arbetsdagar på sig med start arbetsdagen efter underlag erhållits, innan återkoppling skall ske i etablerade kanaler och format. Om återkoppling uteblir, skall detta ses som ett accept utan justering. Projektets (projektledarens) accept på underlaget bifogas fakturan.

Produktionsplan
Produktionen är planerad att utföras i 3 faser enligt Tabell 3 nedan.

Tidslinje	Beskrivning av produktionsläge	Produktionstakt	Antal fordon
Fas 0 okt-Mars 2021	Förserie, en vagn avställd, ett spår, låg produktionstakt, ett skift, fokus på rekrytering och metodutveckling.	1 fordon/månad	~9 fordon
Fas 1 apr 2021-Dec 2021	Upptrappning av produktion, två vagnar avställda, två spår, fokus på volymökning, ett skift	1 fordon/2,5 veckor	~56 fordon
Fas 2 Jan 2022-Nov 2023	Full produktion, fyra vagnar, fyra spår, två skift, fokus hög och jämn produktionstakt	1 fordon /2 veckor	~205 fordon

Tabell 3. Produktionsfaser

Produktionstakten visas i Figur 1 nedan. Produktionstakten är baserad på den produktionstid som behövs per fordon och ett antal faktorer som till exempel rekrytering av resurser, anpassning av lokaler, kvalificeringstiden, etc. Med den här takten kan Uppdraget genomföras för 270 fordon till Uppdragsavtalets slut.



Figur 1. Produktionstakt. (notera att ett dedikerat arbetsspår för arbete med Koppelficka ej ingår i tabellen ovan)

Beställaren och Entreprenören är medvetna om att tidplanen för produktionen enligt ovan utgör ett estimat. Uppfyllande av produktionsplanen är beroende av

att exempelvis nödvändiga resurser och kompetenser finns tillgängliga och att de antaganden om metoder, antal sprickor per fordon samt tidsåtgång per fordon som framtagits i samråd mellan Beställare och Entreprenör i projektets tidiga fas visar sig vara korrekta. Mot denna bakgrund kan tidplanen behöva justeras i takt med att projektet genomförs. Skulle tidplanen behöva justeras och senareläggas ska Parterna i god anda överenskomma en för båda parter acceptabel lösning.

Riktlinjer för vilka fordon som ska åtgärdas i vilken ordning ska tas fram av projektet. Prioritering och ordningsföljd baseras på spricklängd, synergier och trafikproduktion med flera perspektiv.

Budget för genomförande

Budget för genomförandet är summan av kostnader för produktionspersonal, produktionsledningen, anpassning av lokaler, material och kvalificering av personal.
Dessa kostnader visas i tabell 4 enligt nedan.

	Kostnad per fas	Alla faser		
Kompetenser	Fas 0 Okt-Mars 2021	Fas 1 Apr 2021-Dec 2021	Fas 2 Jan 2022-Nov 2023	
Svetsare	2 385 216	9 033 120	54 545 592	65 963 928
Reparatör	2 385 216	14 452 992	90 909 320	107 747 528
Reparatör C20	1 192 608	5 419 872	31 818 262	38 430 742
Slipare	1 192 608	9 033 120	56 818 325	67 044 053
Förare	596 304	903 312	4 545 466	6 045 082
OFP-tekniker	1 192 608	5 419 872	18 181 864	24 794 344
Projektledare	860 035	1 302 826	3 277 909	5 440 770
Delprojektledare	1 720 070	2 605 651	6 555 818	10 881 540
Gruppchef	860 035	3 908 477	16 389 546	21 158 058
Planerare	860 035	1 302 826	6 555 818	8 718 679
Produktionstekniker	860 035	2 605 651	6 555 818	10 021 505
HR	860 035	2 605 651	3 277 909	6 743 596
Admin/dokumentation	860 035	2 605 651	9 833 728	13 299 414
IWS	1 720 070	3 908 477	13 111 637	18 740 184
Övriga funktioner, timrapportering	2 580 106	3 908 477	9 833 728	16 322 310

Direkta	8 944 560	44 262 288	256 818 828	
Indirekta	11 180 458	24 753 686	75 391 912	
Totalt för personal	20 125 018	69 015 974	332 210 740	421 351 732
Förbrukningsmaterial kostnader				**44 712 000**
Verktyg				**7 995 950**
Arbetsplatsanpassning				**3 970 000**
Kvalificering personal				**4 650 462**
Elförbrukning				**1 500 000**
Totalt				**484 180 144**

Tabell 4. Budget för genomförande

Enligt tabellen ovan är avtalsvärdet för genomförande av sprickåtgärder **484 180 144 kr.**

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen
Sektion Tunnelbana

RAPPORT
2020-08-31
Version 1.0

Ärende/Dok. id.
AMS20-006

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Handläggare
Andreas Johansson

Kostnader för sprickåtgärder C20 vagnskorg – LCC-analys

Innehållsförteckning

Sammanfattning 4
1 Inledning och bakgrund 6
2 Metod och genomförande 8
3 Kostnadsmodellen 9
3.1 Investering 9
3.2 Årliga kostnader 11
3.3 Kalkylränta och index 12
4 Skadeområden 13
4.1 Primärt påverkande skadeområden 13
4.1.1 Övre inre dörrhörn 13
4.1.2 Långbalk 15
4.1.3 Sidoplåt 16
4.1.4 Nedre inre dörrhörn 18
4.1.5 Automatkoppelfickan 20
4.2 Sekundärt påverkande skadeområden 21
5 Resultat 24
5.1 Grundfall 24
5.2 Känslighetsanalys 28
5.3 Övergripande kostnadsbild utan indexering 29
5.4 Tilläggsavtal mellan Trafikförvaltningen och MTR 30
6 Slutsatser 31
7 Teknisk beskrivning av reparations- och förstärkningsåtgärder 33
7.1 Övre inre dörrhörn 33
7.1.1 Metod U 33
7.1.2 Metoder A, B och C 34
7.2 Långbalk 35
7.2.1 Metod K 35
7.2.2 Metod L 36
7.3 Sidoplåt – Metod R 37
7.4 Nedre inre dörrhörn 37
7.4.1 Metod F 37
7.4.2 Metod G 38

7.5 Automatkoppelfickan – Metod Z2 38

BILAGA 1 – Initial reparations- och förstärkningsåtgärd för primärt påverkande skadeområden 40

BILAGA 2 – Indatavärden investeringar och övrigt 41

BILAGA 3 – Indatavärden konstruktionsändring automatkoppelfickan 42

BILAGA 4 – Kontrollprogram, primärt påverkande skadeområden 43

BILAGA 5 – Kontrollprogram, sekundärt påverkande skadeområden 44

Sammanfattning

Rapporten analyserar och sammanställer kostnaden för de åtgärder som krävs för att säkra ursprunglig planerad livslängd avseende den lastbärande stålkonstruktionen i C20-fordonens vagnskorg.

C20-fordonen trafikerar Stockholms tunnelbana och flottan består av 271 fordon. Ett C20-fordon (C20 FICA vagn) har en helt avvikande konstruktion för vagnskorgen (sandwichkonstruktion) och betraktas därför inte i den aktuella kostnadsanalysen. Flottans resterande 270 C20-fordon har vid tiden för upprättandet av denna rapport uppnått ungefär två tredjedelar av sin nödvändiga och ursprungligen planerade livslängd som förutsattes vid ingåendet av leveransavtalet med fordonsleverantören. Den bärande stålkonstruktionen hos de berörda fordonen har drabbats av omfattande sprickproblematik i vagnskorgen och avhjälpande åtgärder krävs för en nödvändig livstidssäkring fram till år 2031 som är det övergripande förvaltningsmålet för C20-fordonen.

Flera primärt och sekundärt påverkande skadeområden med sprickförekomst i vagnskorgen har identifierats och kan hanteras genom avhjälpande åtgärder som på ett hållbart sätt hanterar sprickproblematiken och som medför att sprickproblematiken och konsekvenserna av densamma går att överblicka. Dessa åtgärder syftar till att säkerställa nödvändig och ursprungligen planerad livslängd samt avsevärt minska säkerhetsriskerna och risker för allvarliga tillgänglighetsproblem som den aktuella sprickproblematiken kan innebära. Åtgärderna består av förstärkning, reparation och/eller spricköervakning i form av kontrollprogram.

I denna rapport analyseras ett alternativ för fullt genomförbara och hållbara avhjälpande åtgärder som innebär att en livstidssäkring av C20-fordonens bärande struktur fram till år 2031 kan uppnås. Detta alternativ är baserat på ett åtgärdspaket med långvarigt avhjälpande åtgärder som har komponerats och utvärderats utifrån ett livscykelkostnadsperspektiv.

Kostnadsmodellen som används i denna LCC-analys inkluderar kostnad för investering i initiala reparations- och förstärkningsåtgärder enligt framtagna metoder för ett antal bekräftade skadeområden samt summan av de årliga tillkommande kostnaderna för sprickkontroller och reparationer ”vid behov” och kostnader för projektadministration för perioden år 2020–2031. De skadeområden som ingår i analysen är de primärt och sekundärt påverkande skadeområdena i vagnskorgen som vid tiden för upprättandet av denna rapport har identifierats. Skadeområdena är i stor utsträckning lokaliserade kring de övre och nedre dörrhörnen. Kostnadsanalysen för det primärt påverkande skadeområdet vid automatkoppelfickan har hanterats separat, men redovisas även i denna LCC-analys för att fullständiggöra kostnadsbilden för

sprickåtgärder för C20 vagnskorg.

Den troliga totala kostnaden för åtgärderna är ca **844 MSEK** (inkl. timtaxor indexuppräknade med 3 %) för hela perioden år 2020–2031. De primärt påverkande skadepositionerna vid de inre dörrhörnen är de mest kostnadsdrivande områdena, där kostnaderna för de initiala förstärkningsåtgärderna samt tillhörande reparationer av dörrhörnen står för en stor del av den totala kostnaden. Även den totala kostnaden för kontrollprogram och reparationer vid behov av sekundärt påverkande skadeområden är hög. Totalt sett kan majoriteten av kostnaderna, ca 70 %, kopplas till periodens första fyra år (2020–2023).

En känslighetsanalys har genomförts utifrån uppskattade osäkerhetsintervall för analyserade indata och resultaten visar att kostnaden ligger mellan 832 och 856 MSEK med en sannolikhet om 70 % (vilket motsvarar en trolig kostnad ± 1,4 %) och mellan 820 och 868 MSEK med en sannolikhet om 95 % (vilket motsvarar en trolig kostnad ± 2,8 %).

1 Inledning och bakgrund

Denna rapport innehåller en analys med avseende på livscykelkostnader (LCC) för ett åtgärdsalternativ i form av hållbara avhjälpande åtgärder som medger en överblickbar hantering av sprickor i olika områden i vagnskorgen på C20-fordonen.[1] Totalkostnaden för denna nödvändiga livstidssäkring är framtagen och utvärderad för tidsperspektivet fram till och med år 2031, som är det övergripande förvaltningsmålet för C20-fordonen. Förvaltningsmålet år 2031 är baserat på mediantiden för driftsättning av C20-fordonen (dvs. år 2001) och den avtalade dimensionerande livslängden för C20-fordonen. C20-fordonen driftsattes under perioden år 1998–2004.

C20-fordonen trafikerar Stockholms tunnelbana och flottan består av totalt 271 fordon. Ett C20-fordon (C20 FICA vagn) har en helt avvikande konstruktion för vagnskorgen (sandwichkonstruktion) och betraktas därför av praktiska skäl inte i den aktuella kostnadsanalysen. De resterande 270 C20-fordonen utgör därmed omfattningen för den aktuella kostnadsanalysen. De 270 berörda C20-fordonen har vid tiden för upprättandet av denna rapport uppnått cirka två tredjedelar av sin nödvändiga och ursprungligen planerade livslängd, som förvaltningsmålet även är baserat på.

C20-fordonens bärande stålkonstruktion (vagnskorg) har drabbats av omfattande sprickbildning och det är fastställt att utan några hållbara avhjälpande åtgärder kommer sprickbildningen att fortsatt öka exponentiellt. Den aktuella sprickbildningen innebär risker för säkerheten om den inte hanteras rätt och om vagnarna måste tas ur bruk för att garantera säkerheten uppstår allvarliga risker för bristande tillgänglighet.

Om sprickbildningen fortsätter att hanteras med punktinsatser och alltså inte avhjälps på ett tillfredställande och långvarigt sätt såsom föreslås i denna rapport, blir planeringen och logistiken för att upprätthålla den operativa verksamheten av tunnelbanan omöjlig. Redan i dagsläget är sprickbildningen högst problematisk ur planerings- och logistiksynpunkt. Det är därför nödvändigt att säkra C20-fordonens funktionalitet, tillgänglighet och säkerhet för den nödvändiga och planerade livslängden (dvs. till och med år 2031), med

[1] I jämförelse med nuvarande hantering av sprickproblematiken som bygger på temporära åtgärdslösningar och punktinsatser betraktar LCC-analysen alternativet baserat på hållbara avhjälpande åtgärder. Alternativet i form av hållbara avhjälpande åtgärder ger bättre kontroll, ökad säkerhet och avsevärt minskade risker jämfört med alternativet baserat på temporära lösningar. Det förordade alternativet anses också vara avsevärt mer kostnadseffektivt jämfört med en fullständig nollställning (dvs. en avhjälpande omkonstruktion) av alla skadeområden. Kostnaden för en fullständig nollställning av vagnskorgen har tidigare uppskattats till en totalkostnad omkring 3000 MSEK.

hjälp av hållbara avhjälpande åtgärder. Sådana avhjälpande åtgärder innebär inte en nollställning av skadeområdena (dvs. en total omkonstruktion i överensstämmelse med leveransavtalets kravspecifikation), utan syftar till en ekonomiskt effektiv livstidssäkring av den bärande stålstrukturens funktion i förhållande till den nödvändiga och förutsatta livslängden för fordonen.

Trafikförvaltningens expertgrupp har gjort beräkningar på hela vagnskorgens konstruktion och identifierat primärt och sekundärt påverkande skadeområden med sprickor som behöver åtgärdas, förebyggas och övervakas. Primärt påverkande skadeområden är områden som påverkar säkerheten (om inte åtgärder löpande vidtas) eftersom sprickbildningen uppstår och utvecklas i väsentliga lastbärande komponenter av vagnskorgen. Sekundärt påverkande skadeområden är områden där sprickbildningens omfattning i nuläget inte anses vara en större trafiksäkerhetsrisk i förhållande till driften av tunnelbanan. Fortsatt spricktillväxt i dessa sekundärt påverkande skadeområden måste dock begränsas eller hållas under kontroll för att undvika att sprickbildningen i dessa områden också blir säkerhetspåverkande (dvs. utvecklas till primärt påverkande skadeområden).

De områden som ingår i LCC-analysen av vagnskorgen är de skadepositioner som i nuläget betraktas som primärt påverkande, dvs. automatkoppelfickan samt fyra skadepositioner kring dörröppningarna i vagnskorgen: övre inre dörrhörn, långbalk, sidoplåt och nedre inre dörrhörn.[2] Därutöver omfattar LCC-analysen även flera skadeområden i vagnskorgen som i nuläget betraktas som sekundärt påverkande.

C20 har visat sig vara designad så att naturligt förekommande och funktionsmässigt nödvändiga rörelser av vagnskorgen under drift ger upphov till omfattande påkänningar i vagnskorgen. Förekommande påkänningar, i kombination med en i förhållande till dessa påkänningar underdimensionerad konstruktion av vagnskorgen, är orsak till sprickbildningen i de olika skadeområden som ingår i den aktuella LCC-analysen.

Rapporten innehåller en övergripande beskrivning av metod och en övergripande beskrivning av analyserade och redovisade åtgärder följt av en redogörelse för kostnadsmodellen samt en redovisning av de för LCC-rapporten aktuella skadeområdena och dess övergripande indata. Rapporten innehåller också en redogörelse för resultaten av analysen och i slutet av rapporten återfinns en teknisk beskrivning av de olika avhjälpande åtgärderna med

[2] Notera att en särskild LCC-analys har upprättats enbart avseende det primärt påverkande skadeområdet vid automatkoppelfickan och att avropade avhjälpande åtgärder för detta område redan har påbörjats.

reparations- och förstärkningsmetoder för de primärt påverkande skadeområdena.

Detaljerad information om indatavärden och beräkningar återfinns i tillhörande bilagor.

2 Metod och genomförande

Life Cycle Cost (LCC), eller livscykelkostnad, är en metodik för att utvärdera ett eller flera olika alternativ ur ett ekonomiskt perspektiv, där den grundläggande principen är att beslut ska fattas enbart baserat på de kostnader som påverkas av beslutet.

Genomförandet av LCC-analysen har bestått av följande steg:
- Identifiering av alternativ för tekniska lösningar
- Identifiering av kostnadstyper och formande av LCC-modell
- Identifiering av datakällor och datainsamling
- Beräkningar och uppskattningar av kostnader
- Känslighetsanalys

Processen har varit iterativ då nya lösningar har identifierats, och indata förfinats, under arbetets gång.

Domänkunskapen om LCC, reparationsmetoder och övriga avhjälpande åtgärder samt utmattningsproblematik har Systecon, Kiwa Inspecta, MTR och Trafikförvaltningen stått för, med följande indelning av huvudsaklig expertis:
- Systecon – LCC
- Kiwa Inspecta – teoretisk beräkning av kontrollintervall och brottrisker för respektive reparationsmetod och övriga avhjälpande åtgärder
- MTR – praktisk genomförbarhet och kostnader
- Trafikförvaltningen – övergripande konsekvenser ur ett förvaltningsperspektiv

Den aktuella LCC-analysen betraktar införandet av hållbara avhjälpande åtgärder som består av en kombination av initiala reparations- och förstärkningsåtgärder av skadat område samt återkommande sprickövervakning och eventuella behovsbaserade reparationer. Dessa åtgärder sammantaget utgör en lösning som resulterar i att sprickproblematiken kan hanteras på ett hållbart, överblickbart och säkert sätt. Initiala reparations- och förstärkningsåtgärder syftar till att åtgärda ett skadat område genom partiell förändring av konstruktionen och därigenom säkerställa nödvändig och ursprungligen planerad livslängd. Reparations- och förstärkningsmetoderna innebär vissa partiella konstruktionsändringar i respektive aktuellt område som ersätter det bristfälliga originalutförandet. Dessa åtgärder bidrar till ett säkerställande av

nödvändiga och planerade livslängdsegenskaper för respektive skadeområde. Sprickövervakningen innebär att ett riskområde kontrolleras regelbundet och att sprickor repareras om och när de upptäcks. De initiala reparations- och förstärkningsåtgärderna, tillsammans med program för sprickövervakning bidrar gemensamt till en hållbar hantering av sprickorna så att sprickbildning och spricktillväxt inte påverkar säkerheten och driften av tunnelbanan.

3 Kostnadsmodellen

LCC är livscykelkostnaden över den tidsperiod som studeras. Fallet här är livstidssäkring, dvs. perioden år 2020–2031. Samtliga kostnader i den aktuella LCC-analysen är nödvändiga driftkostnader för att säkerställa nödvändig och ursprungligen planerad livslängd för C20-fordonen.

LCC består av den initiala investeringen (för initiala reparations- och förstärkningsåtgärder och övriga nödvändiga åtgärder) samt summan av de tillkommande årliga kostnaderna fördelade per år under den studerade perioden.

Tidigare ackumulerade förvaltningskostnader för att hantera vagnskorgens skadesituation är ej medtagna i kostnadsmodellen (LCC) i denna rapport.

I följande avsnitt beskrivs de kostnader som ingår i kostnadsmodellen. För detaljerad information om vilka indata som har använts hänvisas till bilagorna.

3.1 Investering

Investeringskostnaden är en nödvändig driftkostnad och är summan av de kostnader som är kopplade till de initiala reparations- och förstärkningsåtgärderna av olika primärt påverkande skadepositioner under perioden år 2020–2023, samt mindre initiala nödvändiga investeringar kopplade till hanteringen av de sekundärt påverkande skadeområdena.

I aktuell LCC-analys fördelas kostnaderna för investeringen över perioden år 2020–2023, eftersom det är fråga om ett mycket omfattande produktionsgenomförande. Spridningen i genomförandet under nämnda tidsintervall medför att det fortsatt kommer att krävas implementering av vissa temporära åtgärder till dess att de initiala långvariga åtgärderna är fullföljda. Kostnaderna för den fortsatta hanteringen av sprickbildningen genom temporära åtgärder och punktinsatser fram till dess att de hållbara åtgärderna i denna rapport genomförs beaktas och ingår i investeringskostnaden i den aktuella LCC-analysen.

Investeringskostnaden är uppdelad enligt följande:

- **Produktionsledning**
  Denna kostnad är en övergripande personalkostnad som är gemensam för de olika primärt påverkande skadepositionerna kring dörröppningarna. Kostnaden omfattar personalkostnader för produktionsledare, produktionsberedare och utvecklare, gruppchef, produktionsplanerare, produktionstekniker, samt kostnader för HR, administration, timrapportering och övriga funktioner.

- **Produktionsinvesteringar**
  Denna kostnad är en övergripande kostnad som är gemensam för de olika primärt påverkande skadepositioner kring dörröppningarna. Kostnaden omfattar utrustning (svetsmaskiner, utsug, slipverktyg, specialverktyg, och så vidare), förbrukningsmateriel, elförbrukning, kvalificering av personal (slipare och svetsare) samt produktionsanpassning av lokal.

  Ett tillägg på 15 % på materiel, utrustning och verktyg ingår för hantering av kostnader kopplade till bland annat inköp.

- **Temporära åtgärder**
  Denna kostnad är en övergripande kostnad som är gemensam för de olika primärt påverkande skadeområden kring dörröppningarna. Kostnaden består av det fortsatta behovet att tillämpa temporära åtgärder under produktionsperioden, dvs. år 2020–2023, för att säkerställa fordonstillgänglighet och säker drift. Behovet av dessa temporära åtgärder försvinner gradvis i och med införande av de initiala reparations- och förstärkningsåtgärder som hanterar sprickproblematiken på ett långvarigt sätt.

- **Produktionskostnad för primärt påverkande skadeområden**
  Denna kostnad består av arbetskraft för de olika initiala reparations- och förstärkningsåtgärderna per primärt påverkande skadeområde. Kostnaden omfattar personalkostnader för svetsare, montörer, slipare, IWS/IWE m.m., samt extern arbetskraft för oförstörande provning.

- **Sekundärt påverkande skadeområden**
  Investeringar kopplade till hanteringen av de sekundärt påverkande skadeområdena är små i detta initiala skede och består av införande av inspektionsluckor för att möjliggöra provning, samt kartläggning och uppföljning av svårtillgängliga skadeområden.

De olika delkostnaderna för investeringarna är uppskattade med dels en trolig kostnad, dels ett uppskattat osäkerhetsintervall kring det troliga värdet, dvs. lägsta respektive högsta möjliga kostnad. I kostnadsberäkningarna har de

troliga värdena använts genomgående, medan osäkerhetsintervallen har beaktats vid känslighetsanalysen, se avsnitt 5.2

3.2 Årliga kostnader

Årliga kostnader avser summan av de löpande kostnaderna, fördelat per år, och är uppdelade enligt följande:

- **Projektledning - uppföljning**

  I de årliga kostnaderna ingår övergripande kostnader för projektledning och administration. Kostnaden består av kostnader för interna och externa resurser avsedda för ledning och expertutlåtanden löpande fram till och med år 2031. För detta antas behov av motsvarande två heltidstjänster under år 2020–2025 samt en heltidstjänst under år 2026–2031.

- **Primärt påverkande skadeområden**

  I de årliga kostnader ingår kostnader som uppstår för de primärt påverkande skadeområdena efter genomförandet av de initiala reparations- och förstärkningsåtgärderna. De årliga kostnaderna avser genomförande av kontroller enligt framtagna kontrollprogram samt behovsbaserade reparationsåtgärder fram till år 2031. För att kunna uppskatta omfattningen av de årliga kostnaderna har beräkningar genomförts för att fastställa hur ofta varje skadeområde måste genomgå sprickkontroller, samt hur många sprickor som antas upptäckas vid varje kontroll och som därmed måste repareras.[3]

- **Sekundärt påverkande skadeområden**

  I de årliga kostnaderna ingår hantering av de talrika sekundärt påverkande skadeområdena i vagnskorgen. Kostnaden består av uppföljning och övervakning av dessa skadeområden med anpassade kontrollprogram samt kostnaden fördelat över tiden för nödvändiga reparationer vid behov av vissa sekundärt påverkande skadeområden.

De olika delposterna som ingår i beräkningen av årliga löpande kostnader är uppskattade med en trolig kostnad, samt ett uppskattat osäkerhetsintervall. I kostnadsberäkningarna har de troliga värdena använts genomgående, medan osäkerhetsintervallen har beaktats vid känslighetsanalysen, se avsnitt 0.

[3] Dessa beräkningar förutsätter införandet av de initiala reparations- och förstärkningsåtgärderna, vilka i jämförelse med originalutförandet avsevärt minskar utmattningspåkänningarna i de olika primärt påverkande skadeområdena. Denna förutsättning leder till större kontrollintervall för sprickövervakningen och ett lägre skadeutfall över tiden.

För de sekundärt påverkande områdena har även osäkerhetsintervall för antal provade områden samt antal nödvändiga reparationer uppskattats, och beaktats i känslighetsanalysen.

3.3 Kalkylränta och index

I kostnadsmodellen har ingen kalkylränta använts för nuvärdesberäkning. Kalkylränta används vanligen i samband med investeringskalkyler för att bedöma om en viss given investering är lönsam eller ej, eller för att bedöma vilket av flera investeringsalternativ som är ekonomiskt mest fördelaktigt. Kalkylräntan representerar då den kapitalkostnad alternativt förväntan på avkastning som den investerande organisationen har. Kalkylräntan är lika med 0 % i den aktuella analysen, på grund av avsaknaden av realistiska investeringsalternativ. Den aktuella kostnadsanalysen betraktar nämligen ett nödvändigt åtgärdspaket för en livstidssäkring av C20-fordonens bärande stålstruktur, utan vilket det blir omöjligt att upprätthålla den operativa verksamheten av tunnelbanan med bibehållen tillgänglighet och säkerhet.

För de kostnadsposter där timtaxor ligger till grund för kostnaden har däremot ett index på 3 % använts. Detta för att kostnaden bättre ska motsvara den uppräkning av timtaxor som kan förväntas i framtiden. Detta innebär att kostnaderna motsvarar verkligt utfall i SEK, dvs. motsvarar de faktiska kostnaderna för Trafikförvaltningen över tiden.

Även total LCC, med index 0 %, har beräknats. Detta motsvarar då total kostnad uttryckt i 2020 års värde, och motsvarar då inte de exakta summor som faller ut över tiden, eftersom kostnaderna inte räknas upp med index.

4 Skadeområden

I detta avsnitt beskrivs de skadeområden som ingår i denna LCC-analys, tillsammans med de indata som används i beräkningarna. Skadeområdena har delats upp i primärt och sekundärt påverkande områden eller positioner.

4.1 Primärt påverkande skadeområden

Primärt påverkande skadeområden eller positioner är säkerhetspåverkande då sprickbildningen uppstår och utvecklas i väsentliga lastbärande komponenter av vagnskorgen.

Den föreslagna hanteringen av dessa skadeområden består utav initiala reparations- och förstärkningsåtgärder som är väsentliga för en säkring av den nödvändiga och ursprungligen planerade livslängden för C20-fordonens bärande struktur. Dessa initiala åtgärder ger avsevärt minskade utmattningspåkänningar i skadeområdena och kompletteras vid behov med ett kontrollprogram. Kontrollprogram syftar till att detektera framtida sprickbildning eller skador genom återkommande oförstörande provning. På grund av införandet av initiala reparations- och förstärkningsåtgärder kan kontrollintervall utökas, dvs. mindre frekvent förekommande sprickkontroller, och skadeutfallet kommer att vara avsevärt lägre och mer hanterbart än dagens skadeutfall med originalutförandet i dessa skadeområden.

De primärt påverkande skadeområdena som i nuläget har identifierats består av fyra skadepositioner kring dörröppningarna samt automatkoppelfickan.

4.1.1 Övre inre dörrhörn

Den primärt påverkande skadepositionen övre inre dörrhörn omfattar sprickbildning i dörrstolpsförslutningen som initieras vid eller intill ett svetsslut i det övre inre skarpa dörrhörnet. I denna analys antas att samtliga dörrhörn på samtliga 270 fordon behöva en initial, partiell konstruktionsändring, vilket innebär en åtgärd i totalt 28 hörn per fordon.

Ett reparations- och förstärkningsförslag har tagits fram (Metod U) som avsevärt minskar utmattningspåkänningen i övre inre dörrhörn. Metod U används för samtliga övre inre dörrhörn, men kompletteras i de många spruckna eller skadade dörrhörnen med en reparationsåtgärd (Metoder A, B eller C) beroende på skadans omfattning, se avsnitt 7 för teknisk beskrivning av metoderna.

Ett kontrollprogram har tagits fram för övre inre dörrhörn där den initiala reparations- och förstärkningsåtgärden har genomförts. Kontrollintervallet för programmet är fyra år och utfallet av antal spruckna hörn som måste repareras efter genomförandet av de initiala reparations- och förstärkningsåtgärderna

beräknas vara lågt. För detaljerad information om kontrollprogrammen, se Bilaga 4.

I Tabell 1 nedan visas den indata som används i LCC-beräkningarna gällande kostnader för övre inre dörrhörn.

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Initial förstärkningsåtgärd (metod U)	12 941	12 862	13 257
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd (metod U + A)	13 248	13 169	13 563
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd (metod U + B)	17 168	16 453	20 029
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd (metod U + C)	24 961	24 250	27 805

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Återkommande provning	3 306	3 223	3 637
Reparation vid behov av skadat område (metod A/B)	14 594	14 277	15 863

Tabell 1: Kostnader för initiala reparations- och förstärkningsåtgärder samt återkommande provning och reparationer vid behov för övre inre dörrhörn fram till år 2031.

4.1.2 Långbalk

Det primärt påverkande skadeområdet långbalk omfattar sprickbildning i långbalken vid dörröppningens nedre yttre dörrhörn. I denna analys antas långbalkshörnen för dörröppningar A5/6, M5/6 och B5/6, dvs. för de så kallade mittdörrarna, på samtliga fordon behöva åtgärdas initialt med en partiell konstruktionsändring, vilket innebär totalt 12 hörn per fordon, dvs. fyra hörn i vagnsdel M och fyra hörn i vardera vagnsdelen A och B.

Ett reparations- och förstärkningsförslag (Metod K) har tagits fram för långbalken. Detta förslag innebär en partiell förändring av konstruktionen i området som säkerställer hållbarheten i konstruktionen fram till år 2031 och skapar tillgänglighet för återkommande provning, se avsnitt 7 för teknisk beskrivning av metoden. Metod K används för samtliga nedre yttre hörn vid mittdörrarna. Metoden kompletteras i de många spruckna eller skadade dörrhörnen med en reparationsåtgärd för långbalken (Metod L).

Ett kontrollprogram, med ett kontrollintervall på fyra år, har tagits fram för långbalken där den initiala reparations- och förstärkningsåtgärden har genomförts. För detaljerad information om kontrollprogrammet, se Bilaga 4.

I Tabell 2 nedan visas den indata som används i LCC-beräkningarna gällande kostnader för långbalken.

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Initial förstärkningsåtgärd (metod K)	7 179	6 711	9 052
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd (metod K + L)	21 655	20 713	25 421

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Återkommande provning	630	598	756
Reparation vid behov av skadat område (metod L)	14 476	14 004	16 364

Tabell 2: Kostnader för initiala reparations- och förstärkningsåtgärder samt återkommande provning och reparationer vid behov för långbalk fram till år 2031.

4.1.3 Sidoplåt

Det primärt påverkande skadeområdet sidoplåt omfattar sprickbildning i sidoplåten intill långbalken vid dörröppningens nedre yttre dörrhörn. För skadeområde sidoplåt antas i denna analys att väggplåten eller sidoplåten för dörröppningarna A3/4, M3/4, M7/8 och B3/4, dvs. de så kallade änddörrarna som befinner sig ovanför ett boggiramverk, på samtliga fordon behöva åtgärdas initialt med en partiell konstruktionsändring, vilket innebär totalt 16 hörn per fordon, dvs. åtta hörn i vagnsdel M och fyra hörn i vardera vagnsdelen A och B.

Ett reparations- och förstärkningsförslag (Metod R) har tagits fram för sidoplåten vid änddörrarna. Detta förslag innebär en partiell förändring av konstruktionen i området som säkerställer hållbarheten i konstruktionen och skapar tillgänglighet för återkommande provning, se avsnitt 7 för teknisk beskrivning av metoden.

Ett kontrollprogram, med ett kontrollintervall på fyra år, har tagits fram för sidoplåten där den initiala reparations- och förstärkningsåtgärden har genomförts. För detaljerad information om kontrollprogrammen, se Bilaga 4.

I Tabell 3 nedan visas den indata som används i LCC-beräkningarna gällande kostnader för sidoplåten.

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd (metod R)	5 644	5 566	5 958

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Återkommande provning	630	598	756
Reparation vid behov av skadat område (metod R)	5 644	5 566	5 958

Tabell 3: Kostnader för initiala reparations- och förstärkningsåtgärder samt återkommande provning och reparationer vid behov för sidoplåt fram till år 2031.

4.1.4 Nedre inre dörrhörn

Den primärt påverkande skadepositionen nedre inre dörrhörn omfattar sprickbildning vid svetsen mellan ståndare och långbalksförstärkning vid dörröppningens nedre inre dörrhörn. För skadepositionen nedre inre dörrhörn antas i denna analys att hörnen för dörröppningarna A3/4, M3/4, M7/8 och B3/4, dvs. de så kallade änddörrarna som befinner sig ovanför ett boggiramverk, på samtliga fordon behöva åtgärdas initialt med en partiell konstruktionsändring, vilket innebär totalt 16 hörn per fordon, dvs. åtta hörn i vagnsdel M och fyra hörn i vardera vagnsdelen A och B.

Ett reparations- och förstärkningsförslag (Metod F) har tagits fram för nedre inre dörrhörn vid änddörrarna. Detta förslag innebär en partiell förändring av konstruktionen i området som avser att avsevärt minska utmattningspåkänningen i området. Metod F används för samtliga nedre inre hörn vid änddörrarna, men kompletteras i de spruckna eller skadade dörrhörnen med en reparationsåtgärd för svetsen (Metod G), se avsnitt 7 för teknisk beskrivning av metoden.

Ett kontrollprogram för nedre inre dörrhörn, där den initiala reparations- och förstärkningsåtgärden har genomförts, antas ha ett kontrollintervall på fyra år. För detaljerad information om kontrollprogrammen, se Bilaga 4.

I Tabell 4 nedan visas den indata som används i LCC-beräkningarna för nedre inre dörrhörn.

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Initial förstärkningsåtgärd (metod F)	33 888	33 272	36 353
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd (metod F + G)	39 083	37 520	45 336

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Återkommande provning	3 306	3 223	3 637
Reparation vid behov av skadat område (metod G)	35 163	33 685	41 075

Tabell 4: Kostnader för initiala reparations- och förstärkningsåtgärder samt återkommande provning och reparationer vid behov för nedre inre dörrhörn fram till år 2031.

4.1.5 Automatkoppelfickan

Det primärt påverkande skadeområdet automatkoppelfickan omfattar sprickbildning i svetsen mellan tryckbalken och fastplattan i automatkoppelfickan. För skadeområde automatkoppelficka antas en återställning som avsevärt minskar utmattningspåkänningen i området, enligt metod Z2, i samtliga automatkoppelfickor, dvs. två per fordon, på samtliga fordon. En teknisk beskrivning av metod Z2 återfinns i avsnitt 7.

Inget kontrollprogram för automatkoppelfickan behövs efter återställningen av skadeområdet enligt metod Z2.

Kostnadsberäkningen för skadeområdet är redan hanterad separat och ett avhjälpande är påbörjat enligt ett avrop inom ramen för uppdragsavtalet mellan Trafikförvaltningen och MTR. Avropet omfattar en beställning för de initiala reparations- och förstärkningsåtgärder på 540 automatkoppelfickor. Priset för åtgärdande är 39 486 579 SEK med timtaxor angivna i 2008 års prisnivå, vilket ger 45 595 153 SEK i 2020-värde, efter indexering av timtaxor för arbetskraft med 3% och arbetskraft motsvarande 85% av totalkostnaden.

4.2 Sekundärt påverkande skadeområden

Sekundärt påverkande skadeområden är områden eller positioner där sprickbildningens omfattning i nuläget inte anses vara en större trafiksäkerhetsrisk i förhållande till driften av tunnelbanan. Fortsatt spricktillväxt i dessa sekundärt påverkande skadeområden måste dock begränsas eller hållas under kontroll för att undvika att sprickbildningen i dessa områden också blir säkerhetspåverkande (dvs. utvecklas till primärt påverkande skadeområden).

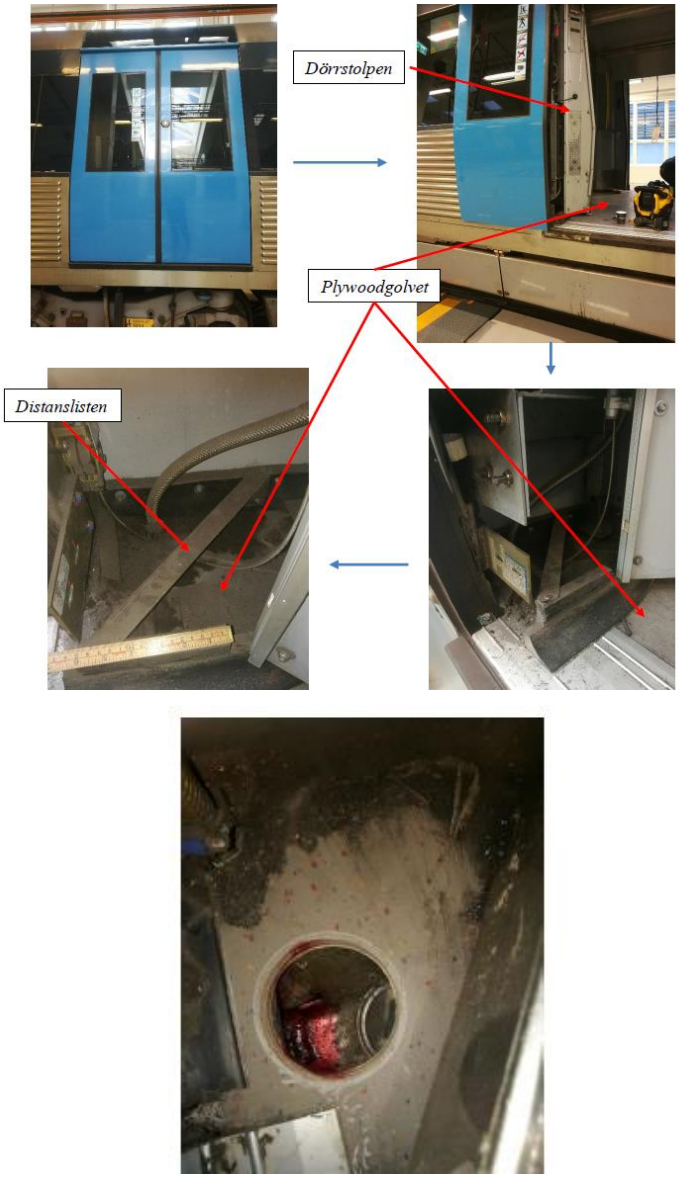
De i nuläget identifierade sekundärt påverkande skadeområden är:

- Övre yttre dörrhörn – radie,
- Övre yttre dörrhörn – kälsvets mellan ståndare och rambalk nedre,
- Övre yttre dörrhörn – punktsvets mellan väggbalk och rambalk nedre,
- Övre inre dörrhörn – punktsvets mellan väggbalk och ståndare,
- Övre inre dörrhörn – stödplåt (U-balk med svetsslut),
- Nedre inre dörrhörn – svets mellan ståndare och tvärbalk (insidan),
- Nedre inre dörrhörn – svets mellan ståndare och dörrstolpsförslutning,
- Nedre inre dörrhörn – svets mellan långbalk och långbalksförstärkning (utsidan),
- Nedre inre dörrhörn – svets mellan ståndare och långbalksförstärkning (insidan),
- Nedre inre dörrhörn – svets mellan dörrstolpsförslutning och långbalksförstärkning,
- Tak – kälsvets mellan sprygel och ståndare,
- Baljan – kälsvets i hörnet av baljan,
- Baljan – kälsvets mellan limhylla och främre tak,
- Gavel – hörnsvets.

Förekomsten av de olika sekundärt påverkande skadeområdena varierar beroende på dörröppning eller i viss utsträckning även på vagn-serie. I snitt finns det dock ungefär 383 sekundärt påverkande skadepositioner per vagn.

I huvudsak antas i denna analys inga initiala reparations- och förstärkningsåtgärder för de sekundärt påverkande skadeområdena i vagnskorgen. Tillgängligheten för åtkomst och kontroll av skadeområdena varierar dock starkt och flera skadeområden vid de nedre inre dörrhörnen befinner sig exempelvis under golvet och är därmed utan större åtgärd varken övervakningsbara eller provningsbara. Initiala åtgärder för de sekundärt påverkande skadeområdena vid de nedre inre dörrhörnen är därför nödvändiga och består därför införande av inspektionsluckor som möjliggör övervakning med oförstörande provning. Figur 1 illustrerar en nödvändig inspektionslucka i golvet för återkommande provning av området nedre inre dörrhörn – svets mellan ståndare och tvärbalk. Inspektionsluckan införs genom håltagning i

vagnens plywoodgolv vid dörröppningarna A5/6, M5/6 och B5/6, dvs. enbart för mittdörrarna.



Figur 1: Inspektionslucka i golvet för den sekundärt påverkande skadeposition nedre inre dörrhörn – svets mellan ståndare och tvärbalk.

Övervakningen av samtliga sekundärt påverkande skadeområden bygger på ett kontrollprogram där kontroller görs årligen på ett begränsat antal fordon för samtliga i nuläget identifierade sekundärt påverkande skadepositionerna.

Sprickbildningen i dessa positioner anses i nuläget vara sekundärt påverkande, men även områden som i nuläget betraktas som sekundärt påverkande

skadeområden kan bli säkerhetspåverkande med tiden och vissa åtgärder (tätning, m.m.) kan komma att krävas. Nödvändiga reparationsåtgärder behövs för att säkra C20-fordonens funktionalitet, tillgänglighet och säkerhet för samtliga skadepositioner som blir primärt påverkande under den kvarstående nödvändiga och ursprungligen planerade livslängden (dvs. till och med år 2031).

Detaljerad information om kontrollprogrammet för de sekundärt påverkande skadeområdena redovisas i Bilaga 5.

Tabell 5 nedan visar den indata som används i LCC-beräkningarna gällande kostnader för sekundärt påverkande skadeområden.

	Kostnad per skadeposition (SEK)		
	Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
Återkommande provning	1 800	1 750	2 000
Reparation vid behov	20 000	17 500	30 000

Tabell 5: Kostnader för återkommande provning och reparationer vid behov för sekundärt påverkande skadeområden.

5 Resultat

En kostnadsberäkning har genomförts för grundfallet för livstidssäkring fram till år 2031. Därtill har en känslighetsanalys genomförts där hänsyn har tagits till de osäkerhetsintervall som tagits fram för de flesta kostnader och några andra indataparametrar. I samtliga analyser ingår de 270 berörda C20-fordonen, dvs. hela flottan förutom C20 FICA vagnen som har en helt avvikande konstruktion.

5.1 Grundfall

I detta avsnitt beskrivs resultatet för livstidssäkring för den nödvändiga och ursprungligen planerade livslängden, dvs. avseende perioden år 2020–2031.

I Tabell 6 nedan framgår att den totala kostnaden för grundfallet är totalt ca 844 MSEK för hela perioden. I tabellen visas även en detaljerad kostnadsfördelning för de olika områdena och typ av kostnad. För varje område redovisas total kostnad samt kostnad uppdelad på investeringar, initiala reparations- och förstärkningsåtgärder, kostnader för oförstörande provning samt reparationer vid behov för respektive område. Även den totala kostnaden för samtliga områden framgår.

Färgskalan i kostnadsrutorna visar storleken på kostnaden relativt de övriga kostnaderna. Grön färg motsvarar relativt låg kostnad (dvs. i förhållande till de andra kostnaderna) och röd eller orange färg en relativt högre kostnad. Gul färg motsvarar medelhög kostnad.

Som framgår av tabellen är områdena övre inre dörrhörn och nedre inre dörrhörn de mest kostnadsdrivande områdena, där kostnaden för de initiala reparations- och förstärkningsåtgärderna är höga för de båda primärt påverkande skadepositionerna. Även den årliga kostnaden för kontroller i form av oförstörande provning är hög för skadeposition övre inre dörrhörn.

Kostnaderna för de sekundärt påverkande skadepositionera är också höga. I princip hela denna kostnad består av kostnader för årliga kontroller i form av oförstörande provning och nödvändiga reparationsåtgärder för dessa skadepositioner. Totalkostnaden för hantering av de sekundärt påverkande skadepositionerna genom sprickövervakning och nödvändiga åtgärder, omfattar en del redan inplanerade eller påbörjade åtgärder gällande:

- fortsatt övervakning för skadeposition övre yttre dörrhörn – radie, enligt befintligt kontrollprogram,
- införande av inspektionsluckor för skadeposition nedre inre dörrhörn – svets mellan ståndare och tvärbalk, samt
- kartläggning av sprickomfattningen för skadeposition nedre inre dörrhörn – svets mellan ståndare och tvärbalk.

Kostnaden för ovanstående åtgärder motsvarar ca 5 % av totalkostnaden för de sekundärt påverkande skadepositionera.

Kostnadsgrupp	Skadeområde/kostnadspost	Investering och övrigt	Kostnad för initial reparations- och förstärkningsåtgärd	Kostnad för oförstörande provning	Kostnad för reparation vid behov	Total kostnad per kostnadsgrupp
Övergripande kostnader	Projektledning - uppföljning	24 909 000				214 551 000
	Produktionsledning	98 084 000				
	Produktionsinvesteringar	65 610 000				
	Fortsatt behov av temporära åtgärder	25 948 000				
Konstruktionsändring automatkoppelfickan (primärt påverkande skadeområde)	Automatkoppelfickan		45 595 000			45 595 000
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd för primärt påverkande skadeområden	Övre inre dörrhörn		114 531 000			328 923 000
	Långbalk		31 273 000			
	Sidoplåt		25 973 000			
	Nedre inre dörrhörn		157 146 000			
Oförstörande provning samt reparation vid behov för primärt påverkande skadeområden	Övre inre dörrhörn			63 693 000	1 080 000	118 596 000
	Långbalk			5 199 000	1 084 000	
	Sidoplåt			6 932 000	2 726 000	
	Nedre inre dörrhörn			36 396 000	1 486 000	
Investering (inspektionsluckor), oförstörande provning samt reparation vid behov för sekundärt påverkande skadeområden	Sekundärt påverkande skadeområden	2 207 000		92 696 000	41 713 000	136 616 000
Totalt (SEK)		216 758 000	374 518 000	204 916 000	48 089 000	**844 281 000**

Tabell 6: Detaljerad kostnadsfördelning totalt för perioden år 2020–2031 (inkl. index 3%)

I Tabell 7 nedan visas hur kostnaderna är fördelade över tid under perioden år 2020–2031. Större delen av den totala kostnaden fram till år 2031 kan härledas till de inledande fyra åren, år 2020–2023. Det är under denna period som kostnaderna för produktionsledning, produktionsinvesteringar, det fortsatta behovet av temporära åtgärder, kostnaden för åtgärd av automatkoppelfickan samt kostnaden för arbetet med initiala reparations- och förstärkningsåtgärder för de primärt påverkande skadepositionerna kring dörröppningarna faller ut. Även det årliga kontroll- och reparationsprogrammet för de sekundärt påverkande skadepositionerna samt kostnaderna för projektledning börjar falla ut under år 2020.

Kontrollprogrammen för de primärt påverkande skadeområdena har ett provningsintervall på fyra år. Det innebär att dessa börjar falla ut med start år 2024, dvs. fyra år efter att de första initiala reparations- och förstärkningsåtgärderna påbörjas.

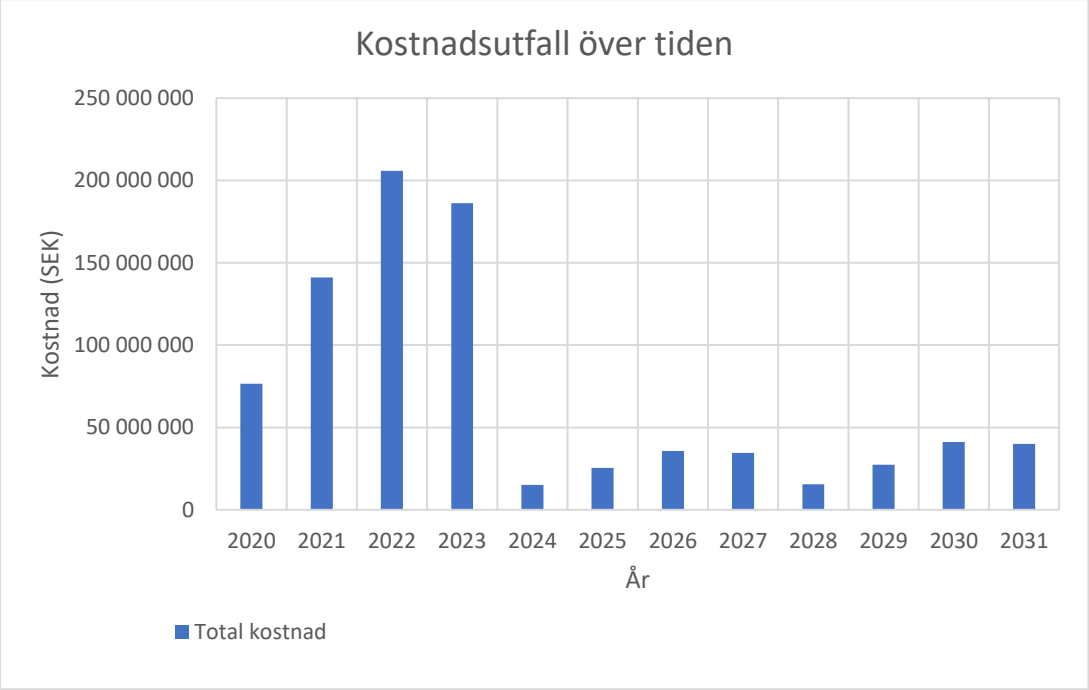
För perioden år 2024–2031 är det endast kostnader för projektledning samt kostnader för provning enligt kontrollprogram för både primärt och sekundärt påverkande skadeområden samt behovsbaserade reparationer för dessa områden som faller ut.

Totalt sett kan majoriteten av kostnaderna, över 70 %, kopplas till perioden år 2020–2023.

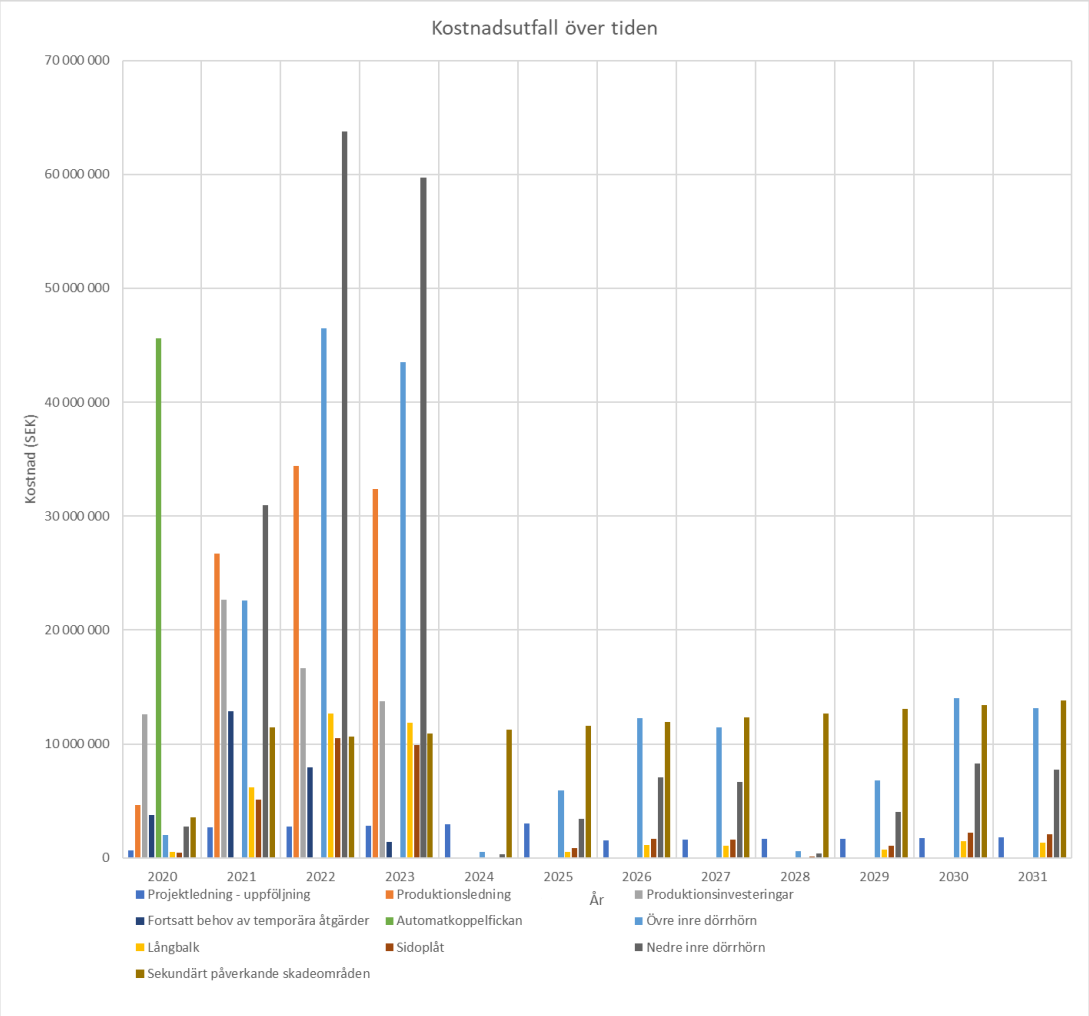
Skadeområde/kostnadspost	Kostnad (SEK)											
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Projektledning - uppföljning	650 000	2 678 000	2 758 000	2 841 000	2 926 000	3 014 000	1 552 000	1 599 000	1 647 000	1 696 000	1 747 000	1 800 000
Produktionsledning	4 629 000	26 702 000	34 379 000	32 375 000								
Produktionsinvesteringar	12 566 000	22 650 000	16 664 000	13 731 000								
Fortsatt behov av temporära åtgärder	3 750 000	12 875 000	7 957 000	1 366 000								
Automatkoppelfickan	45 595 000											
Övre inre dörrhörn	1 991 000	22 558 000	46 469 000	43 512 000	525 000	5 950 000	12 257 000	11 477 000	601 000	6 808 000	14 024 000	13 131 000
Långbalk	544 000	6 160 000	12 689 000	11 881 000	48 000	543 000	1 119 000	1 048 000	61 000	694 000	1 430 000	1 339 000
Sidoplåt	452 000	5 116 000	10 538 000	9 868 000	72 000	821 000	1 692 000	1 584 000	95 000	1 081 000	2 227 000	2 085 000
Nedre inre dörrhörn	2 732 000	30 952 000	63 760 000	59 703 000	304 000	3 439 000	7 084 000	6 633 000	355 000	4 023 000	8 287 000	7 759 000
Sekundärt påverkande skadeområden	3 587 000	11 419 000	10 608 000	10 926 000	11 254 000	11 592 000	11 940 000	12 298 000	12 667 000	13 047 000	13 438 000	13 841 000
TOTALT (SEK):	**76 496 000**	**141 110 000**	**205 822 000**	**186 203 000**	**15 129 000**	**25 359 000**	**35 644 000**	**34 639 000**	**15 426 000**	**27 349 000**	**41 153 000**	**39 955 000**

Tabell 7: Detaljerad kostnadsfördelning per år för perioden år 2020–2031 (inkl. index 3%).

I Figur 2 och Figur 3 nedan visas grafiskt hur kostnaderna är fördelade över tiden under perioden år 2020–2031. Detta är alltså samma information som i Tabell 7 ovan, men presenterat som stapeldiagram.



Figur 2: Kostnadsfördelning per år för perioden år 2020–2031 (inkl. index 3%).



Figur 3: Detaljerad kostnadsfördelning per år för perioden år 2020–2031 (inkl. index 3%)

5.2 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys har genomförts med hänsyn tagen till de osäkerhetsintervall som har uppskattats för de olika delkostnaderna. För detaljerad information om indata inklusive osäkerhetsintervallen, se Bilaga 2, 3 och 5 respektive kostnadsredovisningen för respektive reparations- och förstärkningsmetod i avsnitt 0.

I kostnadsberäkningarna i grundfallet har de troliga värdena använts och i känslighetsanalysen beaktas även indata för osäkerhetsintervallen. Ett ”Best case” respektive ”Worst case” har beräknats, där de lägsta uppskattade kostnaderna för samtliga områden genomgående har använts för beräkningen av ”Best case” och på motsvarande sätt för ”Worst case”, där de högsta uppskattade kostnaderna genomgående har använts.

Sannolikheten för att kostnaderna ska hamna i närheten av ”Best case” respektive ”Worst case” kan anses vara liten. Kostnaderna kommer med största sannolikhet att hamna i närheten av det som uppskattats som *troligt*, och med sjunkande sannolikhet mot de två ytterligheterna. Om sannolikhetsfördelningen för totalkostnaden uppskattas på detta sätt, som en triangelfördelning, är det möjligt att simulera kostnadsberäkningar och göra en statistisk analys av kostnadsutfallet.

I känslighetsanalysen kan resultatet för den totala kostnaden beskrivas som en normalfördelning. Medelvärdet motsvarar då en trolig kostnad på 844 MSEK, vilket motsvarar kostnaden i grundfallet. Minsta kostnad (”Best case”) beräknas uppgå till ca 739 MSEK och högsta kostnad (”Worst case”) beräknas uppgå till ca 1 063 MSEK. Dessa kostnader motsvarar ytterlighetsvärdena i normalfördelningen. Med 70 % sannolikhet ligger kostnaden mellan 832 och 856 MSEK vilket motsvarar trolig kostnad ± 1,4 %. Med 95 % sannolikhet ligger kostnaden mellan 821 och 868 MSEK vilket motsvarar trolig kostnad ± 2,8 %. I Tabell 8 nedan visas resultatet i tabellform.

Utifrån känslighetsanalysen går det att dra slutsatsen att det verkliga värdet med stor sannolikhet kommer att hamna relativt nära det troliga värdet som har använts i den här analysen.

Typ av kostnad	Kostnad (SEK)
Trolig kostnad	844 282 000
Minsta kostnad ("Best case")	738 811 000
Högsta kostnad ("Worst case")	1 063 706 000
Sannolikhet ca 70 % för kostnad inom intervall (± 1 standardavvikelse)	832 396 000 — 856 168 000 (trolig kostnad ± 1,4 %)
Sannolikhet ca 95 % för kostnad inom intervall (± 2 standardavvikelser)	820 510 000 — 868 054 000 (trolig kostnad ± 2,8 %)

Tabell 8: Spridning i uppskattning av total kostnad (inkl. index 3%)

5.3 Övergripande kostnadsbild utan indexering

Genomgående i den här rapporten har en indexering på 3% använts för arbetskostnader för att motsvara den uppräkning av timtaxor man kan förvänta sig i framtiden. Det kan även vara intressant att ta fram en övergripande kostnadsbild utan indexering (index 0 %) för att kunna göra en analys av den totala kostnaden uttryckt i kostnadsläget för år 2020.

Tabell 9 och Tabell 10 nedan sammanfattar kostnadsuppdelningen på samma sätt som tidigare i rapporten, med skillnaden att index för timtaxor är satt till 0 %. Skillnaden mellan den totala kostnaden med respektive utan indexering uppgår till cirka 10%.

Kostnadsgrupp	Skadeområde/kostnadspost	Investering och övrigt	Kostnad för initial reparations- och förstärkningsåtgärd	Kostnad för oförstörande provning	Kostnad för reparation vid behov	Total kostnad per kostnadsgrupp
Övergripande kostnader	Projektledning - uppföljning	21 450 000				201 864 000
	Produktionsledning	92 586 000				
	Produktionsinvesteringar	62 828 000				
	Fortsatt behov av temporära åtgärder	25 000 000				
Konstruktionsändring automatkoppelfickan (primärt påverkande skadeområde)	Automatkoppelfickan		45 595 000			45 595 000
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd för primärt påverkande skadeområden	Övre inre dörrhörn		107 514 000			308 771 000
	Långbalk		29 357 000			
	Sidoplåt		24 382 000			
	Nedre inre dörrhörn		147 518 000			
Oförstörande provning samt reparation vid behov för primärt påverkande skadeområden	Övre inre dörrhörn			823 000	49 987 000	92 964 000
	Långbalk			832 000	4 080 000	
	Sidoplåt			2 105 000	5 440 000	
	Nedre inre dörrhörn			1 133 000	28 564 000	
Investering (inspektionsluckor), oförstörande provning samt reparation vid behov för sekundärt påverkande skadeområden	Sekundärt påverkande skadeområden	2 174 000		34 911 000	77 580 000	114 665 000
Totalt (SEK)		204 038 000	354 366 000	39 804 000	165 651 000	**763 859 000**

Tabell 9: Detaljerad kostnadsfördelning totalt för perioden år 2020–2031 (exkl. index).

Skadeområde/kostnadspost	Kostnad (SEK)											
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Projektledning - uppföljning	650 000	2 600 000	2 600 000	2 600 000	2 600 000	2 600 000	1 300 000	1 300 000	1 300 000	1 300 000	1 300 000	1 300 000
Produktionsledning	4 629 000	25 924 000	32 405 000	29 627 000								
Produktionsinvesteringar	12 566 000	21 990 000	15 707 000	12 566 000								
Fortsatt behov av temporära åtgärder	3 750 000	12 500 000	7 500 000	1 250 000								
Automatkoppelfickan	45 595 000											
Övre inre dörrhörn	1 991 000	21 901 000	43 802 000	39 820 000	467 000	5 133 000	10 265 000	9 332 000	474 000	5 217 000	10 435 000	9 486 000
Långbalk	544 000	5 980 000	11 960 000	10 873 000	43 000	469 000	937 000	852 000	48 000	532 000	1 064 000	967 000
Sidoplåt	452 000	4 967 000	9 933 000	9 030 000	64 000	709 000	1 417 000	1 288 000	75 000	828 000	1 657 000	1 506 000
Nedre inre dörrhörn	2 732 000	30 050 000	60 100 000	54 636 000	270 000	2 966 000	5 932 000	5 393 000	280 000	3 083 000	6 166 000	5 606 000
Sekundärt påverkande skadeområden	3 587 000	11 086 000	9 999 000	9 999 000	9 999 000	9 999 000	9 999 000	9 999 000	9 999 000	9 999 000	9 999 000	9 999 000
TOTALT (SEK):	**76 496 000**	**136 998 000**	**194 006 000**	**170 401 000**	**13 443 000**	**21 876 000**	**29 850 000**	**28 164 000**	**12 176 000**	**20 959 000**	**30 621 000**	**28 864 000**

Tabell 10: Detaljerad kostnadsfördelning per år för perioden år 2020–2031 (exkl. index).

5.4 Tilläggsavtal mellan Trafikförvaltningen och MTR

Trafikförvaltningen och MTR ämnar teckna ett tilläggsavtal för produktion under perioden år 2020–2023 avseende införande av de initiala reparations- och förstärkningsförslag för samtliga primärt påverkande skadepositioner kring dörröppningarna (”Tilläggsavtalet”). Automatkoppelfickan ingår inte i detta avtal. Kostnaden i avtalet med MTR ska redovisas utan indexering av timkostnader och alltså uttryckas i 2020 års kostnadsläge (index 0 %).

Tabell 11 nedan sammanfattar kostnaderna som kommer att omfattas av Tilläggsavtalet. Den totala kostnaden är 489 MSEK.

Kostnadsgrupp	Skadeområde/kostnadspost	Investering och övrigt	Kostnad för initial reparations- och förstärkningsåtgärd	Total kostnad per kostnadsgrupp
Övergripande kostnader	Produktionsledning	92 586 000		**180 414 000**
	Produktionsinvesteringar	62 828 000		
	Fortsatt behov av temporära åtgärder	25 000 000		
Initial reparations- och förstärkningsåtgärder för primärt påverkande skadeområden	Övre inre dörrhörn		107 514 000	**308 771 000**
	Långbalk		29 357 000	
	Sidoplåt		24 382 000	
	Nedre inre dörrhörn		147 518 000	
Totalt (SEK)		180 414 000	308 771 000	**489 185 000**

Tabell 11: Detaljerad kostnadsfördelning enligt Tilläggsavtalet mellan Trafikförvaltningen och MTR för perioden år 2020–2023 (exkl. index).

6 Slutsatser

Kostnadsberäkningar för de åtgärder som krävs för en nödvändig livstidssäkring av C20-fordonen fram till år 2031, med avseende på den omfattande sprickproblematiken i den bärande stålkonstruktionen av vagnskorgen, har genomförts. Kostnaderna har beräknats både med och utan en indexuppräkning på 3%, som speglar den uppräkning av timtaxor som kan förväntas i framtiden. En uppräkning med index innebär att kostnaderna motsvarar verkligt utfall i SEK, dvs. motsvarar de faktiska kostnaderna för Trafikförvaltningen över tid då kostnaderna faktiskt faller ut, medan utelämnad indexuppräkning motsvarar total kostnad uttryckt i 2020 års värde.

Med indexuppräkning på 3% blir total kostnad ca 844 MSEK, och utan indexuppräkning ca 764 MSEK, se Tabell 12 nedan för övergripande kostnadsbild. Totalt sett kan majoriteten av kostnaderna, ca 70 %, kopplas till periodens första fyra år (2020–2023).

En känslighetsanalys har genomförts för alternativet med indexuppräkning 3 % utifrån uppskattade osäkerhetsintervall för analyserade indata, och resultaten visar att kostnaden ligger mellan 832 och 856 MSEK med en sannolikhet om 70 % och mellan 820 och 868 MSEK med en sannolikhet om 95 %.

Kostnader har också beräknats för Tilläggsavtal som kommer att ingås mellan Trafikförvaltningen och MTR för produktion under perioden år 2020–2023 och införande av de initiala reparations- och förstärkningsförslagen som tagits fram för samtliga skadeområden som i nuläget klassas som primärt påverkande skadeområden (automatkoppelfickan exkluderad). Kostnaden i avtalet redovisas utan indexering av timkostnader och uttrycks alltså i 2020 års kostnadsläge (index 0 %). Kostnaden blir ca 489 MSEK i 2020 års värde, se Tabell 12 nedan för övergripande kostnadsbild.

Tabell 12 nedan visar den totala kostnadsbilden dels för hela LCC-analysen (med och utan indexering på 3 %) samt kostnaden i Tilläggsavtalet mellan Trafikförvaltningen och MTR. Kostnaden i Tilläggsavtalet redovisas utan indexering (index 0%).

Kostnadsgrupp	Total LCC (index 3%)	Total LCC (index 0%)	Tilläggsavtal (index 0%)
Övergripande kostnader	214 551 000	201 864 000	180 414 000
Konstruktionsändring automatkoppelfickan (primärt påverkande skadeområde)	45 595 000	45 595 000	
Initial reparations- och förstärkningsåtgärd för primärt påverkande skadeområden	328 923 000	308 771 000	308 771 000
Oförstörande provning samt reparation vid behov för primärt påverkande skadeområden	118 596 000	92 964 000	
Investering (inspektionsluckor), oförstörande provning samt reparation vid behov för sekundärt påverkande skadeområden	136 616 000	114 665 000	
Totalt (SEK)	844 281 000	763 859 000	489 185 000

Tabell 12: Övergripande kostnadsbild för LCC samt kostnader enligt Tilläggsavtalet mellan Trafikförvaltningen och MTR.

Ovanstående kostnader avser perioden år 2020–2031, dvs. tidigare kostnader för förberedande utredningar och analyser, identifiering och kartläggning av olika skadeområden, framtagning av initiala reparations- och förstärkningsförslag samt arbete med produktionsberedning fram till dess att åtgärderna i LCC-analysen påbörjas och realiseras, har inte beaktats i den aktuella analysen. Den ackumulerade faktiska förvaltningskostnaden för att hantera vagnskorgens skadesituation uppskattas i nuläget till flera tiotals miljoner SEK.

7 Teknisk beskrivning av reparations- och förstärkningsåtgärder

I vagnskorgen för C20-fordonen förekommer omfattande sprickbildning på grund av utmattning. Skadesituationen har krävt framtagning av olika reparations- och förstärkningsåtgärder specifikt anpassade till varje skadeområde. Reparation och förstärkning syftar till att genom partiella förändringar av konstruktionen åtgärda ett utmattningspåkänt område med i nuläget otillräckliga livslängdsegenskaper och därigenom säkerställa nödvändig och ursprungligen planerad livslängd. De föreslagna reparations- och förstärkningsmetoderna kräver fysiska ingrepp i strukturen med tillhörande konstruktionsprocess. I följande avsnitt beskrivs de i analysen föreslagna reparations- och förstärkningsmetoder för samtliga i nuläget identifierade primärt påverkande skadeområdena, dvs. fyra skadeområden kring dörröppningarna samt automatkoppelfickan.

7.1 Övre inre dörrhörn

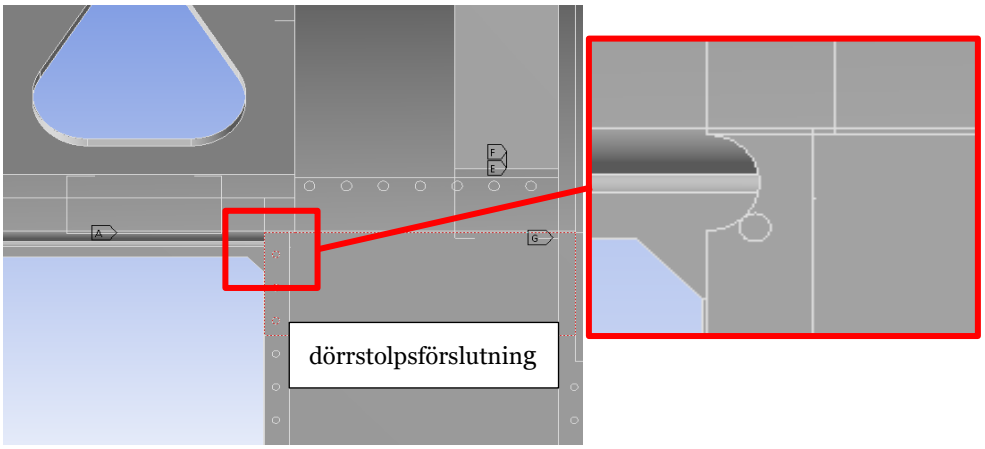
Det primärt påverkande skadeområdet övre inre dörrhörn omfattar sprickbildning som initieras vid ett svetsslut i det övre inre skarpa dörrhörnet. Svetsen befinner sig mellan dörrstolpsförslutningen, rambalken och ståndaren. Vid dörrhörn som har drabbats av omfattande sprickbildning förekommer även sprickor i ståndaren.
De avhjälpande åtgärderna för skadeområdet övre inre dörrhörn består utav:

- en förstärkningsåtgärd: Metod U, och
- tre reparationsåtgärder: Metoder A, B och C.

7.1.1 Metod U

Förstärkningsåtgärden för skadeområdet övre inre dörrhörn är en partiell konstruktionsändring och har tagits fram för att avsevärt minska utmattningspåkänningen i det skarpa övre inre hörnet genom avlastning av svetsslutet. Åtgärden betecknas som Metod U och innebär en urkapning i befintlig plåt. Urkapningen sker i dörrstolpsförslutningen och bakomliggande plåt (i flänsen för ståndaren), se Figur 4.

Arbetet sker med specialanpassade verktyg och omfattar arbetsmoment som borrning och slipning. Skadeområdet är svårtillgängligt då det befinner sig bakom dörrmaskineriet, vilket utöver själva utskärningen medför omfattande arbete med demontering och återställning av området (av dörrmaskineriet och inredningen).



Figur 4. Befintlig utformning av övre inre dörrhörn, med reparationsalternativ enligt metod U.

7.1.2 Metoder A, B och C

Vid förekomst av sprickor i det övre inre dörrhörnet, kompletteras förstärkningsåtgärden (Metod U) med en reparationsåtgärd, beroende på sprickans längd eller skadans omfattning:

- Metod A består av en mindre reparationsåtgärd i form av slipning och tillämpas vid små sprickor i eller intill den befintliga svetsen (vid spricklängd mindre än 2 mm).
- Metod B består av en svetsreparation och tillämpas vid längre sprickor i skadeområdet (vid spricklängd större än 2 mm och mindre än 20 mm). Reparationsåtgärden omfattar fogberedning och oförstörande provning för kvalitetssäkring av utfört svetsarbete.
- Metod C tillämpas vid omfattande sprickbildning i det övre inre dörrhörnet (vid spricklängd större än 20 mm). Metoden består av en större urkapning i dörrstolpsförslutning och svetsning av en ny plåt. Reparationen omfattar fogberedning och oförstörande provning för kvalitetssäkring av utfört svetsarbete.

Vid reparation av återkommande sprickbildning som detekteras med hjälp av kontrollprogrammet för skadeområdet, antas att det skadade området kommer att repareras med Metoder A eller B, beroende på skadans omfattning.

7.2 Långbalk

Det primärt påverkande skadeområdet långbalk omfattar sprickbildning i dörröppningens nedre yttre dörrhörn. De avhjälpande åtgärderna för skadeområdet långbalk består utav:

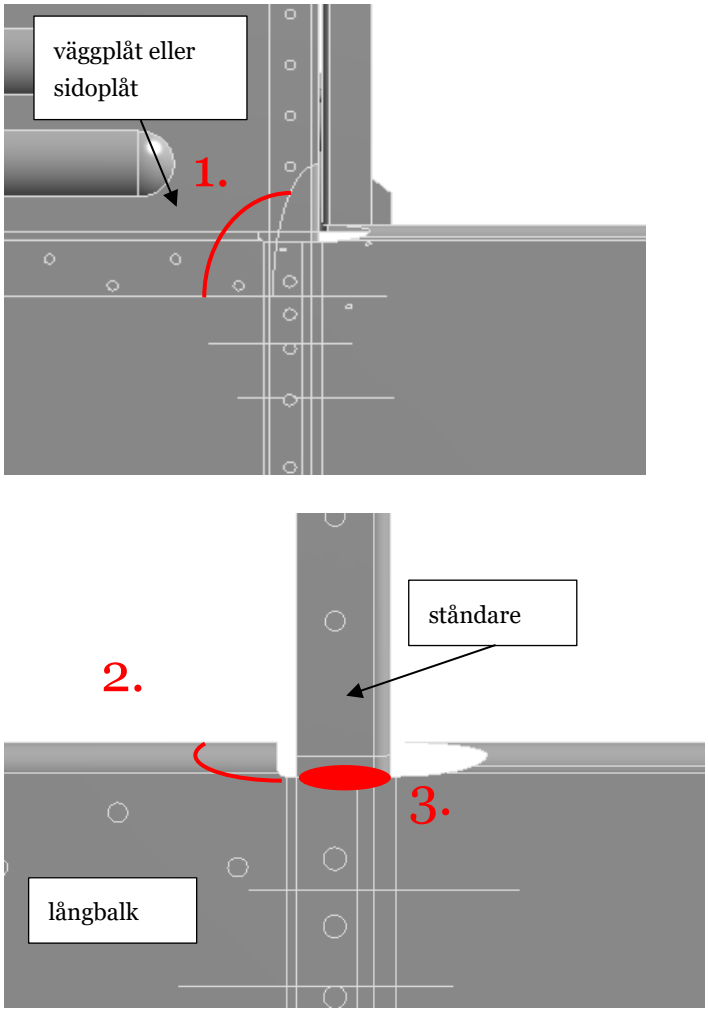
- en förstärkningsåtgärd: Metod K, och
- en reparationsåtgärd: Metod L.

7.2.1 Metod K

Förstärkningsåtgärden för skadeområdet långbalk är en partiell konstruktionsändring och har tagits fram för att avsevärt minska utmattningspåkänningen i området. Åtgärden betecknas som Metod K och består av urkapning och slipning i befintlig konstruktion. Metod K omfattar följande moment, som även illustreras i Figur 5:

1. en del av väggplåten eller sidoplåten skärs bort,
2. en tidigare dold radie i långbalken förstoras, och
3. eventuella synliga häftsvetsar mellan långbalken och ståndaren slipas bort.

Dessa moment innebär partiella konstruktionsändringar i området som också skapar tillgänglighet för återkommande provning och eventuell reparation. Metod K tillämpas vid dörröppningarna A5/6, M5/6 och B5/6, dvs. mittdörrarna. Utöver sprickbildning i långbalken förekommer vid dessa dörröppningar även sprickbildning i sidoplåten. Vid tillämpning av Metod K kommer dock även sprickbildning i sidoplåten att åtgärdas genom utskärningen i sidoplåten (moment 1).

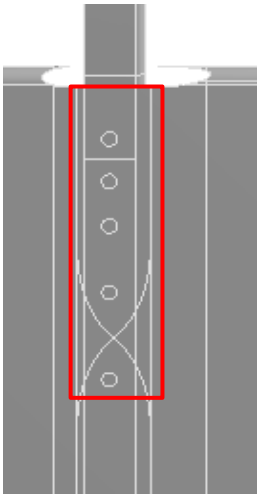


Figur 5. De tre momenten som ingår i förstärkningsåtgärden för långbalken enligt Metod K.

7.2.2 Metod L

Vid förekomst av sprickor i långbalken kompletteras förstärkningsåtgärden (Metod K) med en reparationsåtgärd som betecknas som Metod L, där den spruckna delen av långbalken kapas ut och ersätts genom svetsning, se Figur 6. Åtgärden består utav en urkapning i långbalken, fogberedning, tillverkning av ny plåt och rotstrimlor, samt svetsning av den nya plåten in i långbalken. Arbetet omfattar även oförstörande provning för kvalitetssäkring av utfört svetsarbete.

Vid reparation av återkommande sprickbildning som detekteras med hjälp av kontrollprogrammet för skadeområdet, antas den spruckna långbalken repareras med Metod L.



Figur 6. Reparationsåtgärd för långbalken enligt Metod L.

7.3 Sidoplåt – Metod R

Det primärt påverkande skadeområdet sidoplåt omfattar sprickbildning i dörröppningens nedre yttre dörrhörn intill långbalken. De avhjälpande åtgärder för skadeområdet sidoplåt består av en reparations- och förstärkningsåtgärd som betecknas som Metod R. Denna avhjälpande åtgärd tillämpas vid dörröppningarna A3/4, M3/4, M7/8 och B3/4, dvs. änddörrarna. Metoden består utav en utskärning i sidoplåten på liknande sätt som moment 1 i Metod K som tillämpas vid mittdörrarna.

Vid reparation av återkommande sprickbildning som detekteras med hjälp av kontrollprogrammet för skadeområdet, antas den spruckna sidoplåten vid änddörrarna repareras med Metod R.

7.4 Nedre inre dörrhörn

Det primärt påverkande skadeområdet nedre inre dörrhörn omfattar sprickbildning vid ett svetsslut i det nedre inre dörrhörnet. Svetsen befinner sig mellan ståndaren (ståndarlivet) och långbalksförstärkningen.
De avhjälpande åtgärderna för skadeområdet nedre inre dörrhörn består av:

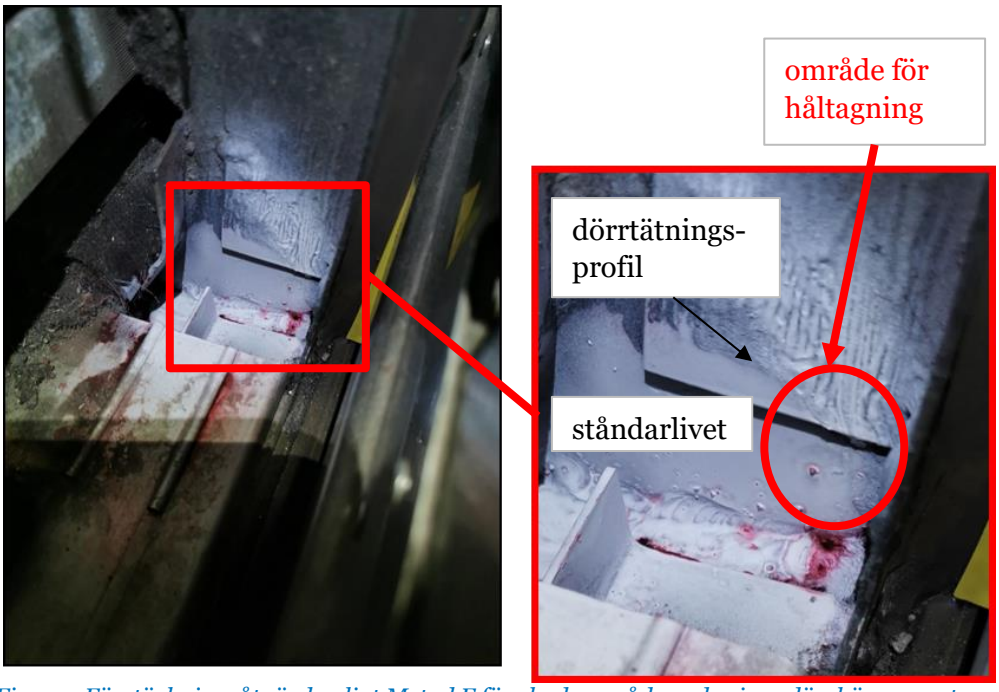
- en förstärkningsåtgärd: Metod F, och
- en reparationsåtgärd: Metod G.

7.4.1 Metod F

Förstärkningsåtgärden för skadeområdet nedre inre dörrhörn är en partiell konstruktionsändring och syftar till att avsevärt minska utmattningspåkänningen i det nedre inre hörnet genom avlastning av svetsslutet. Åtgärden betecknas som Metod F och utgår från en urkapning eller

borrning i befintlig plåt, se Figur 7. Urkapningen sker i ståndarlivet och bakomliggande plåt.

Arbetet sker med specialanpassade verktyg och omfattar arbetsmoment som borrning och slipning. Skadeområdet är väldigt svårtillgängligt, vilket medför omfattande arbete med demontering och återställning av området.



Figur 7. Förstärkningsåtgärd enligt Metod F för skadeområde nedre inre dörrhörn – svets mellan ståndarlivet och långbalksförstärkning.

7.4.2 Metod G

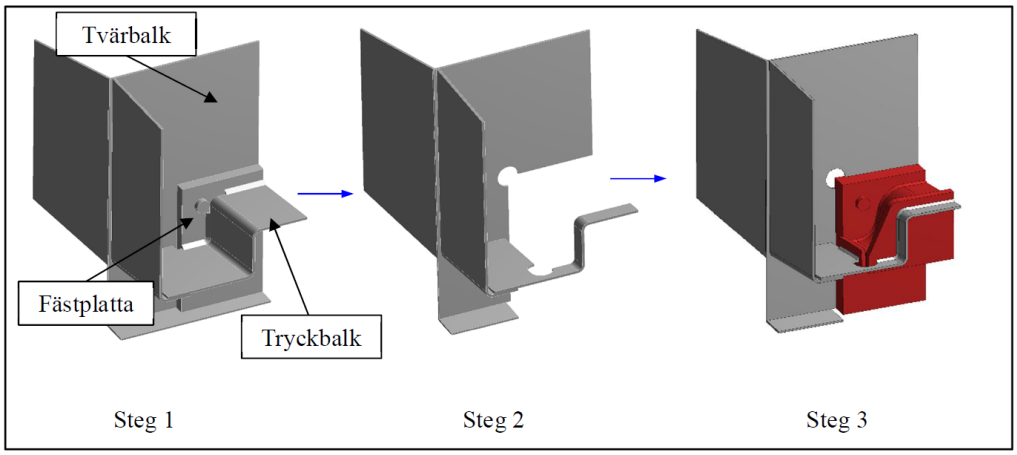
Vid förekomst av sprickor i det nedre inre dörrhörnet, kompletteras förstärkningsåtgärden (Metod F) med en reparationsåtgärd bestående av en svetsreparation. Reparationsåtgärden omfattar fogberedning och oförstörande provning för kvalitetssäkring av utfört svetsarbete.

Vid reparation av återkommande sprickbildning som detekteras med hjälp av kontrollprogrammet för skadeområdet, antas den spruckna svetsen repareras med Metod G.

7.5 Automatkoppelfickan – Metod Z2

Det primärt påverkande skadeområdet automatkoppelfickan omfattar sprickbildning i svetsen mellan tryckbalken och fästplattan. Reparations- och förstärkningsåtgärden betecknas som Metod Z2 och utgår från att fästplattan

och en del av tvärbalken och tryckbalken skärs bort och ersätts av en ny del eller modul, som illustreras i Figur 8. Modulen, som tillverkas separat, svetsas in i vagnen och är konstruerad för att ge avsevärt förbättrade livslängdegenskaper i skadeområdet. Metod Z2 är den mest kostnadseffektiva lösningen för det aktuella skadeområdet, enligt den tidigare utförda kostnadsanalysen för automatkoppelfickan. Metod Z2 är en robust avhjälpande åtgärd som återställer automatkoppelfickan och säkrar den nödvändiga och ursprungligen planerade livslängden.



Figur 8. Stegvis illustration av åtgärd enligt Metod Z2 för skadeområde automatkoppelficka.

BILAGA 1 – Initial reparations- och förstärkningsåtgärd för primärt påverkande skadeområden

I denna bilaga redovisas de initiala reparations- och förstärkningsåtgärder som genomförs på de primärt påverkande skadeområden kring dörröppningarna. Till varje skadeområde redovisas hur stor andel som behöver initial förstärkningsåtgärd och hur stor andel som behöver både initial reparations- och förstärkningsåtgärd enligt tidigare beskrivna metoder i avsnitt 7. Dessutom redovisas när i tiden reparationer och förstärkningsåtgärder kommer att utföras.

Skadeområde:	Övre inre dörrhörn			
Antal skadepositioner per vagn:	28			
Totalt antal skadepositioner:	7560			
Aktivitet:	Intial förstärkningsåtgärd	Initial reparations- och förstärkningsåtgärd		
Metod:	U	U+A	U+B	U+C
Andel:	78%	1%	16%	5%
Totalt antal skadepositioner per aktivitet:	5 897	76	1 210	378
År	# genomförda	# genomförda	# genomförda	# genomförda
2020	109,2	1,4	22,4	7
2021	1201,2	15,4	246,4	77
2022	2402,4	30,8	492,8	154
2023	2184	28	448	140

Skadeområde:	Långbalk		Sidoplåt	Nedre inre dörrhörn	
Antal skadepositioner per vagn:	12		16	16	
Totalt antal skadepositioner:	3240		4320	4320	
Aktivitet:	Intial förstärkningsåtgärd	Initial reparations- och förstärkningsåtgärd	Initial reparations- och förstärkningsåtgärd	Intial förstärkningsåtgärd	Initial reparations- och förstärkningsåtgärd
Metod:	K	K+L	R	F	F+G
Andel:	87%	13%	100%	95%	5%
Totalt antal skadepositioner per aktivitet:	0	0	0	0	0
År	# genomförda	# genomförda	# genomförda	# genomförda	# genomförda
2020	52,2	7,80	80	76	4
2021	574,2	85,80	880	836	44
2022	1148,4	171,60	1760	1672	88
2023	1044	156,00	1600	1520	80

Not. Det primärt påverkande skadeområdet automatkoppelfickan är hanterat separat och ett avhjälpande är påbörjat, därför redovisas detta inte här, se avsnitt 4.1.5.

BILAGA 2 – Indatavärden investeringar och övrigt

Bilagan redovisar indata för investeringar och övriga kostnader. Förväntad kostnad respektive max- och min-kostnad presenteras. Kostnaderna är inte indexuppräknade för timtaxor (index 0%).

För projektledning – uppföljning har den förväntande årliga kostnaden för en heltidstjänst redovisats. Dessutom är det förväntade behovet av heltidstjänster per år noterat. För övriga kostnadsposter är den totala förväntade kostnaden för perioden 2020–2023 redovisad (2020–2021 för sekundärt påverkande områden) tillsammans med fördelningen över åren av respektive kostnad. Från och med år 2024 är det bara kostnaden för projektledning – uppföljning som kvarstår för de fyra olika kostnadsområdena.

Projektledning - uppföljning

Årlig kostnad per heltidstjänst (SEK)		
Trolig årlig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
1 300 000	1 087 500	2 150 000

År	Heltidstjänster
2020	0,5
2021	2
2022	2
2023	2
2024	2
2025	2
2026	1
2027	1
2028	1
2029	1
2030	1
2031	1

Produktionsledning

Total kostnad (SEK)		
Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
92 585 872	90 271 225	101 844 459

År	Fördelning
2020	5%
2021	28%
2022	35%
2023	32%

Produktionsinvesteringar

Total kostnad (SEK)		
Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
62 828 412	61 257 702	69 111 253

År	Fördelning
2020	20%
2021	35%
2022	25%
2023	20%

Fortsatt behov av temporära åtgärder

Total kostnad (SEK)		
Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
92 585 872	90 271 225	101 844 459

År	Fördelning
2020	15%
2021	50%
2022	30%
2023	5%

Sekundärt påverkande skadeområden

Total kostnad (SEK)		
Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
2 174 040	2 119 689	2 391 444

År	Fördelning
2020	50%
2021	50%

BILAGA 3 – Indatavärden konstruktionsändring automatkoppelfickan

Bilagan redovisar indata för den hållbara avhjälpande åtgärd för det primärt påverkande området automatkoppelfickan. Kostnaden är bokförd på år 2020.

Ingen osäkerhet kopplad till åtgärd av automatkoppelfickan togs i den aktuella känslighetsanalysen.

Automatkoppelfickan		
Total kostnad (SEK)		
Trolig kostnad	Min kostnad	Max kostnad
45 595 153	45 595 153	45 595 153

År	Fördelning
2020	100%

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen
Tunnelbana

RAPPORT
2020-08-31
Version 1.0

Ärende/Dok. id.
AMS20-006
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

BILAGA 4 – Kontrollprogram, primärt påverkande skadeområden

I denna bilaga redovisas beräknade kontrollprogram för samtliga primärt påverkande skadeområden, med kontrollintervall, antal provade skadepositioner samt antal spruckna skadepositioner över tiden som behöver repareras (reparation vid behov).

Primärt påverkande skadeområden

Skadeområde:	Övre inre dörrhörn		Långbalk		Sidoplåt		Nedre inre dörrhörn	
Antal skadepositioner per vagn:	28		12		16		16	
Totalt antal skadepositioner	7 560		3 240		4 320		4 320	
Kontrollintervall [år]:	4		4		4		4	
År	# provad	# sprucken	# provad	# sprucken	# provad	# sprucken	# provad	# sprucken
2020								
2021								
2022								
2023								
2024	140	0,26	60	0,33	80	2,49	80	0,15
2025	1540	2,83	660	3,66	880	27,36	880	1,62
2026	3080	5,67	1320	7,32	1760	54,71	1760	3,24
2027	2800	5,15	1200	6,65	1600	49,74	1600	2,94
2028	140	0,79	60	0,73	80	4,42	80	0,45
2029	1540	8,65	660	8,05	880	48,60	880	4,94
2030	3080	17,30	1320	16,10	1760	97,21	1760	9,88
2031	2800	15,72	1200	14,64	1600	88,37	1600	8,98

Not. Det primärt påverkande området automatkoppelfickan har inget kontrollprogram efter att initial åtgärd enlig Metod Z2 har genomförts.

Trafikförvaltningen
Trafikavdelningen
Tunnelbana

RAPPORT
2020-08-31
Version 1.0

Ärende/Dok. id.
AMS20-006
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

BILAGA 5 – Kontrollprogram, sekundärt påverkande skadeområden

I denna bilaga redovisas beräknade kontrollprogram för sekundärt påverkande skadeområden med antal provade samt antal spruckna skadepositioner över tiden. För sekundärt påverkande skadeområden redovisas ett snitt för antalet skadeområden per vagn. Dessutom redovisas alternativen att 5, 10 eller 15 vagnar följs upp per år.

Sekundärt påverkande skadeområden

	Min		Medel		Max	
Skadeområde:	Sekundärt påverkande skadeområden		Sekundärt påverkande skadeområden		Sekundärt påverkande skadeområden	
Antal skadepositioner per vagn (medel):	383,11		383,11		383,11	
	5 fordon följs upp per år		10 fordon följs upp per år		15 fordon följs upp per år	
År	# provad	# sprucken	# provad	# sprucken	# provad	# sprucken
2020	478,89	2,59	957,78	38,79	1 436,67	77,58
2021	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2022	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2023	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2024	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2025	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2026	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2027	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2028	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2029	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2030	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32
2031	1 915,56	10,34	3 831,11	155,16	5 746,67	310,32

Not. Medelvärdet 10 vagnar per år är den post som har använts i beräkningar av den troliga kostnaden för hela LCC-kalkylen.