

Kunskapsöversikt om kostnadskontroll av vidmakthållande av vägar och järnvägar

The logo for VTI (Vägtillståndsinstitutet) consists of the lowercase letters 'vti' in a bold, sans-serif font. A vertical red line is positioned to the left of the logo.

Kristofer Odolinski
Emma From
Cecilia Lehrman

VTI PM 2024:1
Utgivningsår 2024
vti.se/publikationer

VTI PM 2024:1

Kunskapsöversikt om kostnadskontroll av vidmakthållande av vägar och järnvägar

Kristofer Odolinski

Emma From

Cecilia Lehrman

Översatt titel: A scoping review of cost management in road and railway maintenance.

Författare: Kristofer Odolinski, VTI ([0000-0001-7852-403X](#)),

Emma From, VTI ([0000-0002-9599-0240](#)), Cecilia Lehrman, VTI

Diarienummer: 2023/0340-7.4

Publikation: VTI PM 2024:1

Utgiven av VTI 2024

Kort sammanfattning

En verksamhet med kostnadskontroll har hög produktivitet i sitt genomförande och information som ligger till grund för olika beslut kan användas för att öka produktiviteten via effektivitetsförbättringar, bättre utnyttjande av stordrifts- och samordningsfördelar samt teknisk innovation. Kunskapsöversikten visar att det finns ett kunskapsbehov inom en rad områden för att åstadkomma bättre kostnadskontroll av vidmakthållande av vägar och järnvägar. I rapporten har dessa delats in i a) underlag för att identifiera och prioritera åtgärder, b) industriell organisation, c) upphandling och kontraktsdesign, samt d) uppföljning och lärande. Inom de flesta av dessa områden finns en omfattande teoretisk litteratur samtidigt som det i mer eller mindre omfattning saknas empiriska samband och utvärderingar som kan bidra till att öka kostnadskontrollen.

Ett transparent och systematiskt sammanställt underlag är en grundförutsättning för att identifiera och åtgärda brister inom kostnadskontroll. Genomförda arbeten inom underhållskontrakt och slutkostnader för dessa är exempel på information som ofta saknas. En brist på kunskap om slutliga kostnader i förhållande till de kostnadsbedömningar som görs inför olika val försvårar möjligheterna att bygga en lärande organisation som skapar produktivitetsförbättringar, något som även kräver incitamentsstrukturer inom organisationen. En systematisk uppföljning och sammanställning av information kan även användas för att återkommande utvärdera formerna för organiseringen, exempelvis om delar av verksamheten bör skötas i egen regi eller upphandlas – Storbritannien har exempelvis en upphandlingsstrategi där det första steget är att utvärdera om produktionen ska ske i egen regi eller (delvis) upphandlas och har även modeller för hur dessa utvärderingar bör genomföras.

Sammantaget visar kunskapsöversikten att det sannolikt finns stora möjligheter till förbättringar av Trafikverkets kostnadskontroll av infrastrukturens vidmakthållande där kvantitativa empiriska utvärderingar av upphandling och kontraktsdesign har möjlighet att skapa relativt stora effektivitetsvinster.

Nyckelord

Kostnadskontroll, vidmakthållande, underhåll, väg, järnväg, upphandling, LCC.

Förord

På uppdrag av regeringen (I2022/01644) genomför Trafikanalys en granskning av Trafikverkets arbete med kostnadskontroll. Denna rapport är ett underlag till Trafikanalys granskning.

Stockholm, december 2023

Kristofer Odolinski
Projektledare

Granskare/Examiner

Jan-Eric Nilsson, VTI.

De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning./The conclusions and recommendations in the report are those of the authors and do not necessarily reflect the views of VTI as a government agency.

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| Kort sammanfattning..... | 5 |
| Förord..... | 6 |
| 1. Introduktion..... | 8 |
| 2. Metod och avgränsningar | 9 |
| 3. Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder..... | 10 |
| 3.1. Kalkylmetoder..... | 10 |
| 3.2. Styckkostnader och effektsamband..... | 12 |
| 3.3. Beslutsunderlag för val av vidmakthållande åtgärder i Sverige..... | 14 |
| 4. Industriell organisation..... | 16 |
| 4.1. Att utnyttja stordriftsfördelar | 16 |
| 4.2. Planera åtgärder i förhållande till trafik | 17 |
| 4.3. Egen regi eller upphandling? | 18 |
| 5. Upphandling och kontraktsdesign | 21 |
| 5.1. Entreprenadform | 21 |
| 5.1.1. Utvärderingar av samverkansformer..... | 22 |
| 5.1.2. ...och av mer generella entreprenadformer | 24 |
| 5.2. Upphandlingsförfarande och tilldelningskriterier | 25 |
| 5.3. Ersättningsformer..... | 27 |
| 5.4. Obalanserade anbud | 29 |
| 6. Uppföljning och lärande | 31 |
| 7. Forsknings- och kunskapsmiljöer | 34 |
| 8. Diskussion | 35 |
| 9. Slutsatser | 38 |
| Referenser | 40 |
| Bilaga. Litteraturlista | 49 |

1. Introduktion

På uppdrag av regeringen (I2022/01644) genomför Trafikanalys en granskning av Trafikverkets arbete med kostnadskontroll. Syftet med granskningen är att förbättra Trafikverkets rutiner och arbetssätt. Trafikanalys har delat upp granskningen i tre delprojekt: 1) namngivna investeringar, 2) trimnings- och miljöåtgärder och regionala planer, samt 3) vidmakthållande. Föreliggande rapport är ett underlag till Trafikanalys granskning i form av en kunskapsöversikt om kostnadskontroll av vidmakthållande av vägar och järnvägar. Syftet är att beskriva det kunskapsbehov som finns, vilka slutsatser studier har kommit fram till och hur kunskapsläget ser ut i förhållande till det behov som identifieras. Rapporten beskriver även översiktligt olika forsknings- och kunskapsmiljöer inom området vidmakthållande, om och hur kostnadskontroll studeras i dessa miljöer samt vilken forskning Trafikverket finansierar inom det aktuella området.

Enligt Trafikanalys projektplan handlar kostnadskontroll främst om att ”ta fram och tillämpa rättvisande beslutsunderlag och att ha hög produktivitet och effektivitet i verksamhetens genomförande.” (Trafikanalys, 2023, s. 5). Utöver det beskriver Trafikanalys (2023) att kostnadskontroll kräver dokumentation och rutiner för att följa upp förändringar av åtgärder och kostnadsutvecklingen, samt en kunskapsöverföring från analyser av utfall för genomförda projekt.

Det övergripande kunskapsbehovet inom kostnadskontroll bestäms av att Trafikverkets vidmakthållande av väg- och järnvägsinfrastruktur behöver utvärderas utifrån det övergripande transportpolitiska målet om en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning. Det innebär att infrastrukturförvaltaren bör identifiera och prioritera vidmakthållande åtgärder i anläggningen baserat på samhällsekonomiska analyser. En central del i detta är ett rättvisande beslutsunderlag i form av kunskap om vad olika åtgärder och händelser (exempelvis trafikstörningar) kostar.

Samhällsekonomiska kalkyler har länge utgjort ett beslutsunderlag för infrastrukturinvesteringar. Hur motsvarande kunskap och beslutsstöd ser ut för vidmakthållande av vägar och järnvägar presenteras i avsnitt 3. Oavsett kunskapsläget om rätt åtgärd i rätt tid behöver staten välja hur verksamheten ska regleras och styras. Kunskapsläget gällande genomförandet av åtgärderna på myndighetsnivå och dess kopplingar till kostnadskontroll beskrivs i avsnitt 4. Hur genomförandet sker på myndighetsnivå är nära kopplat till frågor kring upphandlingsförfarande och kontraktsdesign – detta behandlas i avsnitt 5 följt av avsnitt 6 som beskriver kunskap kring uppföljning av verksamheten. Avsnitt 7 innehåller en kort beskrivning av Sveriges forsknings- och kunskapsmiljöer inom området vidmakthållande. En diskussion presenteras i avsnitt 8 med efterföljande slutsatser i avsnitt 9.

2. Metod och avgränsningar

Kunskapsöversikten är baserad på en litteraturstudie där studier på området kostnadskontroll av vidmakthållande av vägar och järnvägar har granskats, värderats och sammanställts. Sökningar efter relevant litteratur har skett i flera databaser såsom Scopus, Google Scholar och DiVA. Sökorden och söksträngarna som har använts har dokumenterats och litteratur som bedömts relevant och högkvalitativ har systematiskt sammanställts (se i Tabell 1 och Tabell 2 Bilagan) efter vilket kunskapsområde studien har undersökt. I tabellen framgår även vilket trafikslag som har studerats och med vilken metod. Vi har främst fokuserat på studier som analyserat svenska fall och svenska förhållanden samt på studier som har ett relativt aktuellt publiceringsdatum (men ingen skarp gräns har använts). Vi har även inkluderat några internationella utblickar för att lära av andra länder och bredda kunskapsbasen. Kunskapsöversikten gör inga anspråk på att vara komplett utan försöker på ett överskådligt sätt fånga och rama in vilka områden som studerats mer flitigt än andra, vilka betydelsefulla resultat som forskningen kommit fram till och var det finns kunskapsluckor att fylla. Därav presenteras studierna i kunskapsöversikten på ett övergripande sätt utan detaljerad fördjupning i de enskilda metodologiska tillvägagångssätten eller enskilda resultat.

3. Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder

Att identifiera behov och brister i anläggningen och välja de mest effektiva åtgärderna är en grundläggande del av kostnadskontroll. Studier som analyserar behov av vidmakthållande åtgärder utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv utgår ofta från analyser av anläggningens livscykelkostnader (*Life Cycle Costs, LCC*). I dessa kan (bör) även kostnader för tredje part (t.ex., trafikanter eller andra individer och företag) ingå såsom störningskostnader, exempelvis när funktionsbrister i anläggningen orsakar förseningar, men även miljökostnader¹, bullerkostnader, (trafik)säkerhetskostnader – se exempelvis Galar m.fl. (2017) för en detaljerad genomgång av olika aspekter inom underhåll och LCC-analyser, Babashamsi m.fl. (2016) för en litteraturoversikt gällande LCC-analyser för vägbeläggningar, Zoetman (2001) och Patra (2009) för beskrivningar av LCC-analyser för vidmakthållande av järnvägsinfrastruktur där den senare är en avhandling som utgår från delar av det svenska järnvägsnätet.

I avsnitt 3.1 presenteras några exempel på användningen av olika kalkylmetoder i litteraturen (såsom LCC-ramverk), följt av avsnitt 3.2 som beskriver behovet av styckkostnader och effektsamband som behöver ingå i dessa ramverk/modeller. I avsnitt 3.3 ges en översiktlig beskrivning av Trafikverkets beslutsunderlag för att prioritera mellan vidmakthållande åtgärder.

3.1. Kalkylmetoder

LCC-analyser är en vanligt förekommande kalkylmetod inom infrastrukturförvaltning och kan exempelvis genomföras för att bestämma när en anläggning bör reinvesteras. En sådan analys behöver analysera och prediktera hur de löpande samhällsekonomiska kostnaderna förändras ju äldre anläggningen blir för att sedan ange när det är billigare att reinvestera år t i stället för att vänta till år $t + 1$. Dessa analyser kan och bör även undersöka hur olika underhållsstrategier påverkar anläggningens LCC.² Med rätt (mix av) underhållsåtgärder kommer den optimala reinvesteringstidpunkten att infalla senare – och därmed sänka kostnaderna för samhället – jämfört med om fel åtgärder genomförs. I studier av järnvägsunderhåll finns exempelvis frågor om hur den välfärdsmaximerande balansen mellan avhjälpande underhåll och förebyggande underhåll ser ut.³ LCC-resultaten kan även användas för att jämföra behovet av åtgärder på olika anläggningar givet en budgetrestriktion.

Behovet av en LCC-modell för att utvärdera underhållsstrategier bekräftas i de intervjuer med järnvägsaktörer i Sverige som Al-Douri m.fl. (2016) genomför tillsammans med en analys av mätdata för infrastrukturens tillstånd. Fokus för studien är att undersöka vilka behov som finns för att förbättra

¹ Liljenström m.fl. (2019) beräknar årliga climateffekter och energianvändning inom den svenska transportinfrastrukturen och visar att vidmakthållande av existerande infrastruktur bidrar till stora utsläpp i jämförelse med utsläpp för att bygga ny infrastruktur.

² Se exempelvis Liljenström m.fl. (2022) för en litteraturoversikt kring hur underhåll inkluderas i livscykelanalyser (*Life Cycle Analysis, LCA*) för väg och järnväg. Studien föreslår även hur underhåll kan inkluderas i LCA i olika beslutsmiljöer. Ett annat exempel på litteraturoversikt kring livscykelanalyser för väg är AzariJafari m.fl. (2016) som bland annat pekar på den stora variationen i vägprojekt och vilka svårigheter detta innebär vid jämförelser baserat på LCA.

³ Avhjälpande underhåll genomförs för att åtgärda funktionsfel så att anläggningens funktion återställs medan förebyggande underhåll genomförs för att minska risken för att funktionsfelen uppstår, inklusive motverka anläggningens nedbrytning. Stenström m.fl. (2016) är ett exempel på en studie som jämför kostnader mellan avhjälpande och förebyggande underhåll baserat på underhållsdata för sju olika järnvägsstråk i Sverige. Beräkningar av nyttan med förebyggande underhåll genomförs, men studien tar dock inte fram kausala samband mellan förebyggande och avhjälpande underhåll. Ait-Ali m.fl. (2023) jämför också olika typer av underhållsåtgärder och skattar hur fler förebyggande åtgärder påverkar sannolikheten för avhjälpande åtgärder baserat på data över ca 400 växlar på det svenska järnvägsnätet.

järnvägsunderhållet och sänka dess kostnader. Utöver behovet att utveckla en LCC-modell anger Al-Douri m.fl. att det finns problem med mätdata där den i vissa fall saknas eller är felaktigt, vilket orsakar ineffektiva underhållsåtgärder.

Studien av Calle-Cordón m.fl. (2017) är ett exempel på att andra aspekter än enbart kostnader för produktion av vidmakthållande åtgärder är viktiga. De föreslår en LCC-modell för järnväg och väg som inkluderar parametrar för tillförlitlighet, tillgänglighet, underhållsmässighet och säkerhet (dessa parametrar benämns med akronymen *RAMS*, vilket på engelska står för *Reliability, Availability, Maintainability, Safety*). Modellen appliceras på Malmbanan i Sverige och dess spårväxlar. Författarna menar att en kombination av dessa analysmetoder kan bidra till att tillförlitligheten ökar vid estimeringen av underhållskostnader. Thaduri och Kumar (2020) är ett annat exempel på en studie som tar fram en integrerad metod för att implementera underhållsplanering för järnväg utifrån *RAMS*, LCC och riskutvärdering. Även inom väg inkluderas fler aspekter än produktionskostnader i LCC-analyser. Ett exempel är Wennström och Karlsson (2016) som genomför LCC-analyser för belagda vägar i Sverige; förutom åtgärds-kostnader inkluderas i analysen även infrastruktur-användarnas kostnader och externa kostnader såsom utsläpp och olyckor.

I Gaudry m.fl. (2016) presenteras ett ramverk för att optimera vidmakthållande åtgärder på järnvägsinfrastruktur som tar hänsyn till trafikens påverkan och kvalitet på spåren. Specifikt fokuserar studien på den optimala allokeringen av kostnaderna för löpande underhåll och reinvesteringar. De använder data över det franska järnvägsnätet och utgår från en ekonometrisk metod med ekvationer baserade på antaganden om infrastrukturdegradering och infrastrukturförvaltarens målfunktioner. Studien visar att det är möjligt att optimera både reinvesteringar och underhåll (som senarelägger reinvesteringar) genom att införa ett mått på spårets servicekvalitet⁴ (som minskar med kumulativ trafik) som relateras till trafik och kostnadsnivåer för underhåll. Givet dessa samband antas att kvalitetförändringar är proportionella mot underhållskostnader vilket gör det möjligt att ta fram den optimala underhållspolicyn.⁵

Exempel på en studie som analyserar specifika egenskaper hos infrastrukturen är Giunta och Praticò (2017) som jämför olika typer av ballastsystem med ballastfria spårssystem (innovativa slab-system) utifrån en LCC-analys i syfte att få en bättre förståelse för hur man med hjälp av ny strukturell och geometrisk stabilitet av järnvägsspåren kan öka tåghastigheten och axeltrycket. LCC-analysen inkluderar kostnader för konstruktion, drift, underhåll, reinvestering, miljö (inklusive energi och nyttor) och infrastruktur-användarna. Metoden är tänkt att fungera som ett utvärderingsverktyg för analytiker och beslutsfattare vid framtagande av bästa möjliga strategi för vidmakthållande av järnvägen över tid.⁶

Ett annat exempel på en studie som tar fram en metod för utvärdering är Biancardo m.fl. (2023). Studien ämnar ta fram ett verktyg för aktörer involverade i beslutprocessen kring infrastrukturbyggande och möjliggöra för en optimal projektstrategi. För det används ett metodologiskt ramverk som kombinerar en samhällsekonomisk kalkyl *CBA* (*Cost Benefit Analysis*)

⁴ Baserat på ett index för avvikelser från ursprunglig spårgeometri.

⁵ Resultaten visar att en optimal underhållspolicy består av tre faser. I den första fasen, precis efter förnyelse, är det löpande underhållet obefintligt och spårkvaliteten minskar med ökad trafik. Under den andra fasen ökar det löpande underhållsarbetet samtidigt som spårkvaliteten är konstant eller långsamt minskande. I den sista fasen precis innan nästa reinvestering minskar pågående underhållsarbete ner till nästan obefintligt igen och kvaliteten på service sjunker drastiskt.

⁶ Resultaten visar att i) lösningar som är mer lönsamma på kort sikt kan skapa underhållsbehov och förnyelseprocesser som inte är lika lönsamma/mindre hållbara på längre sikt, ii) kostnader för externaliteter är betydelsefulla för hur man värderar de två olika alternativen, och iii) på lång sikt är skillnaden i (totala) nuvärden hos olika typer av ballastsystem och ballastfria spårssystem för små för att dra några tydliga slutsatser om vilket alternativ som är bäst.

med *BIM* (*Building Information Model*), kallad *CBA-BIM*, på en fallstudie över en snabbtågsbana i södra Italien. Verktöget erbjuder en transparent översikt av kostnader och nyttor med projektet såsom vilka risker som finns och vem projektet kommer till gagn. Studien tar fram en digital informationsmodell som gör det möjligt att undersöka olika alternativa projektutformningar som överför resultat från den samhällsekonomiska kalkylen direkt till det digitala verktöget och applicerar det på projektplaneringen av den italienska snabbtågsbanan. På så sätt skapas en uppdaterad och flexibel databas med ett kontinuerligt flöde av in- och utmatning av information som kan producera CBA-drivna resultat för beslutsfattare.

3.2. Styckkostnader och effektsamband

LCC-modeller och beräkningsverktyg behöver information om kostnader per åtgärd eller händelse (exempelvis förseningskostnader orsakade av infrastrukturen). Genomförda åtgärder och deras kostnad behöver följas upp kontinuerligt för att få ett rättvisande beslutsunderlag. I detta ingår även att beräkna kostnader för de insatsvaror som används för att genomföra vidmakthållande åtgärder och hur dessa kostnader kan komma att utvecklas framåt i tiden. Detta är något som lyfts fram och analyseras av Mirzadeh m.fl. (2014) som genomför LCC-analyser där användningen av olika inflationsindex för energikostnader och tidsrelaterade kostnader (personalkostnader och väganvändarnas kostnader) jämförs med att enbart använda ett vägindex eller konsumentprisindex. Studien visar att varken vägindex (som ofta används i Sverige) eller konsumentprisindex reflekterar kostnader på projektnivå på ett bra sätt. Mirzadeh m.fl. använder i stället ett separat index för energirelaterade kostnader och konsumentprisindex för personal- och väganvändarrelaterade kostnader som reflekterar kostnadsutvecklingen på ett bättre sätt. Genom att använda index som ligger så nära de olika kostnadsposterna som möjligt minskar risken för att framtida kostnader i en LCC-utvärdering under- eller överskattas. Av samma skäl bör specifika index användas för att entreprenören ska slippa bära prisrisker (se avsnitt 5). Däremot är disaggregerade branschindex problematiska vid kostnadsuppföljningar och jämförelser med andra verksamheter liksom ekonomin i övrigt (se exempelvis Riksrevisionen, 2010a). Då bör snarare KPI användas.

Förutom styckkostnader behövs kunskap om samband mellan nyttjandet av anläggningen och åtgärder/kostnader under anläggningens livscykel för att genomföra en LCC-analys.⁷ Det finns olika metodansatser för detta. Ait-Ali m.fl. (2023) delar in ansatserna i ekonometriska (statistiska) och ingenjörsmässiga (mekanistiska) metoder. Ett exempel på den ingenjörsmässiga ansatsen är H-Nia m.fl. (2023a) som föreslår en metod för att utvärdera underhållsstrategier för järnväg utifrån ett LCC-perspektiv. Metoden består av en simulering av långsiktig mekanisk nedbrytning av anläggningen (i detta fall räler). Dessa simuleringar genomförs för olika underhållsstrategier som sedan utvärderas utifrån deras ekonomiska effekter. Metoden appliceras på en fallstudie där utfallet av LCC jämförs för tre olika underhållsstrategier och två olika rälytyper på en kurva på den svenska Malmbanan.⁸ Odolinski m.fl. (2023a) är ett exempel på en studie som använder en statistisk ansats – mer specifikt en så kallad överlevnadsanalys – för att ta fram samband mellan trafikering (ackumulerat bruttotonnage) och underhållsåtgärder, i detta fall för ca 4 000 spårväxlar i Sverige, som sedan används i en LCC-analys.⁹

För att ta fram samband som fångar de viktigaste aspekterna i olika scenarier har forskare i Österrike (TU Graz) föreslagit en så kallad standardelementansats (fritt översatt från *Standard Element*

⁷ Annorlunda uttryckt behövs kunskap om anläggningens tillstånd och hur trafikering och åtgärder påverkar tillståndet över tid, samt vilka effekter detta får för samhället.

⁸ Resultatet visar att livscykelkostnaderna minskar med 50 procent vid användning av en räl i hårdare stål som bara slipas en gång per år i jämförelse med en räl i en mjukare stål som slipas två gånger per år. I kombination med mätkorrigerings för att minska förslitningar på spåret genererar den senare strategin en än högre LCC till följd av ökade kostnader för underhåll och trafikering.

⁹ Se Nissen (2009) som utvecklar en LCC-modell för spårväxlar och genomför analyser på svenska data.

Approach) för järnväg.¹⁰ Ansatsen beskrivs i Marschnig och Veit (2023) och används av infrastrukturförvaltare i Österrike (ÖBB) och i Schweiz (SBB) (Renggli m.fl., 2012) i LCC-analyser, samt i den LCC-plan för anläggningsförvaltning som Världsbanken tog fram för Serbiens järnväg (World Bank, 2020). Kortfattat innebär standardelementansatsen att infrastrukturen delas in i olika sträckor utifrån de ingående komponenternas underhålls- och reinvesteringarbehov som i sin tur baseras på mätdata och kunskap om spårets beteende och nedbrytning. Exempelvis delas kurvradier upp i olika standardelement eftersom nedbrytningen varierar mellan dessa.

Vidmakthållande åtgärder på dessa standardelement kan utvärderas med hjälp av LCC-analyser för att ta beslut om var och när reinvesteringar ska genomföras. Ett exempel är Neuhold m.fl. (2020) som beskriver ett verktyg som predikterar banans underhållsstatus och beräknar den optimala reinvesteringstidpunkten utifrån ett LCC-perspektiv. I ett första steg används mätdata för att utvärdera underhållsstatus på olika spårkomponenter (standardelement) för att sedan prediktera framtida underhållsstatus och behov av underhåll för att upprätthålla banans fastställda funktion. Detta kombineras med kostnader för underhåll och reinvesteringar för att hitta en optimal tidpunkt för den senare typen av åtgärd.

Här kan även nämnas att Världsbanken har tagit fram analysverktyget HDM-4 (*Highway Development Model*) – se exempelvis World Bank (2010) – som bland annat Trafikverket använder för att utvärdera olika tillstånd på vägen som kan uppnås vid en rad olika scenarier eller vidmakthållande strategier. Effekterna av tillståndsförändringar beräknas och värderas för att ta fram kostnader (se Trafikverket, 2022c) som kan analyseras utifrån ett livscykelperspektiv och användas som beslutsunderlag för reinvesteringar på väg.

Många av de ovannämnda studierna analyserar när en reinvestering bör genomföras och i vissa fall den mix av underhållsåtgärder som är mest lönsam för samhället. En viktig del i detta är att ta fram (eller använda befintliga) samband mellan trafik och åtgärder/kostnader. Behovet av att ta fram marginalkostnader för nyttjandet av transportinfrastrukturen innebär att det finns en omfattande litteratur som analyserar samband mellan trafik och kostnader, samband som kan användas för kostnadsberäkningar och i LCC-analyser. Haraldsson (2007), Svenson (2014), Svenson m.fl. (2016) och Nilsson m.fl. (2020) använder exempelvis så kallade överlevnadsmodeller för att ta fram samband mellan trafik och vägbeläggningsåtgärder i Sverige. Det innebär att man skattar intervall mellan (reinvestering)åtgärder och undersöker hur olika faktorer, däribland trafik, påverkar dessa. Överlevnadsmodellerna är användbara för att planera och utvärdera det framtida behovet av åtgärder och genomföra LCC-analyser samt beräkna marginalkostnader. Motsvarande analys för järnväg genomförs av Andersson m.fl. (2016).

Det finns många studier som skattar kostnadselasticiteter med avseende på tågtrafik (några exempel är Johansson och Nilsson, 2004; Andersson, 2008; Wheat m.fl., 2009; Odolinski och Nilsson, 2017; Odolinski m.fl., 2023a). Kostnadselasticiteterna anger den proportionella förändringen i kostnader för vidmakthållande åtgärder när trafiken förändras proportionellt (multipliceras elasticiteterna med kostnader per tåg- eller bruttotonkilometer erhålls en marginalkostnad) – med andra ord är elasticiteterna en central input för kostnadsanalyser inom infrastrukturförvaltning. Elasticiteterna används bland annat för att beräkna marginalkostnadsbaserade banavgifter, men även av Trafikverket i den så kallade tonnage-regleringen i underhållskontrakt. Regleringen innebär att underhållsutförare kompenseras för kostnadsökningar som har orsakats av ökad trafik (ett sätt att skydda utföraren från risk – se avsnitt 5 för ytterligare beskrivningar av risker och osäkerheter i upphandling). Kostnadselasticiteterna i tonnage-regleringen är hämtade från Wheat m.fl. (2009) som analyserar

¹⁰ En liknande ansats föreslås av H-Nia m.fl. (2023b) bestående av en ”underhållstabell” för olika scenarier som kombineras med LCC-optimering.

situationen i ett antal europeiska länder där svenska data från åren 1999 till 2002 utgjorde en delmängd.

Charoenwong m.fl. (2022) analyserar hur kostnader förändras till följd av trafikförändringar, men fokuserar på kostnader för spårsläget vilket avser en specifik nedbrytningsmekanism. Studien kombinerar ingenjörsmässiga och ekonomiska metoder för att utvärdera hur spårsläget och relaterade underhållskostnader påverkas av i) ökad hastighet ii) fler passagerartåg, och iii) fler godståg. Till skillnad från mer traditionella metoder tillåter den framtagna modellen för simuleringar av blandade trafikförhållanden, inklusive interaktionen mellan olika järnvägsfordon och spårgeometri. Den ingenjörsmässiga modellen används för att modellera intervaller för spårriktning och tillsammans med en ekonomisk modell beräknas nedbrytningselasticiteter och marginalkostnader.¹¹

LCC-analyser utgör som tidigare nämnt ett underlag för att förbättra kunskapen om det ömsesidiga beroende mellan underhåll och reinvesteringar. Detta beroende kan även kostnadsanalyser av trafikförändringar ta hänsyn till, något som Odolinski och Wheat (2018) undersöker. Mer specifikt genomför studien skattningar av kostnadseffekter av underhåll och reinvesteringar på järnväg utifrån ett dynamiskt perspektiv. De estimerar en modell baserat på svenska kostnadsdata för reinvesteringar och underhåll, trafikdata och information om olika egenskaper hos järnvägsnätet såsom spårslängd och ålder samt löneuppgifter från SCB. Estimeringarna ger indikationer på att tidigare kostnader och trafiknivåer är viktiga faktorer för att prediktera infrastrukturkostnaderna för järnväg samt indikationer på hur ökade kostnader för underhåll signalerar ett behov av mer reinvestering.

3.3. Beslutsunderlag för val av vidmakthållande åtgärder i Sverige

För snart 15 år sedan påtalade Riksrevisionen att det finns behov av samhällsekonomiska analyser av vägunderhåll (Riksrevisionen, 2009) och järnvägsunderhåll (Riksrevisionen, 2010b). Detta följdes upp av Andersson m.fl. (2011) som tog fram en strategi för att utveckla en samhällsekonomisk analysmodell för underhåll och reinvesteringar. Rapporten gav indikationer på betydande kunskapsluckor vad gäller drift, underhåll och reinvesteringar i järnvägsinfrastruktur. För väg var (och är) situationen bättre, bland annat tack vare Världsbankens analysmodell *Highway Development and Management Model Four* (HDM-4).

Trafikverkets samhällsekonomiska beslutsunderlag (ska) samlas och uppdateras på verkets offentliga hemsida efter en ny beslutsordning som infördes 2011 (Trafikverket, 2011). De regionsöverskridande underlagen delas upp i bland annat kategorierna styrmedel, investering, samt drift och underhåll. I den senare kategorin finns endast två beslutsunderlag ("Konsekvenser av minskat bärighetsanslag" och "Konsekvenser av minskat underhåll på järnväg och väg") vilket ger en indikation om det svaga kunskapsläget kring prioritering av vidmakthållande åtgärder utifrån samhällsekonomiska analyser.¹² Å andra sidan publicerar Trafikverket dokumentserien 'Effektsamband för transportsystemet' (även kallad effektkatalog) varav en del omfattar drift och underhåll. I första hand beskrivs kostnadskonsekvenserna av olika tillstånd på olika anläggningar och inte av olika drift- och underhållsåtgärder (Trafikverket, 2021a).

De metoder, samband och indata som är aktuella samlas på Trafikverkets hemsida med uppdaterade detaljer kring de olika delarna i effektkatalogen. För väg finns det kapitel för vinterdrift av väg

¹¹ Modellen visar att högre hastigheter på spåren resulterar i att underhållsgränsen för avvikelser i spårgeometrin nås snabbare och därmed ökar kostnaderna för underhåll. Modellen används också för att undersöka effekten av att addera ytterligare tågaktivitet på en passagerarsträcka, vilket resulterar i ökad spårdegradering och därmed ökade kostnader, speciellt i de fall då ytterliga trafikmängder bestod av godståg.

¹² Trafikverkets hemsida för samhällsekonomiska beslutsunderlag: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/langsiktig-planering-av-infrastruktur/Samhallsekonomiskt-beslutsunderlag/> (Hämtat 2023-12-06)

(Trafikverket, 2022b), belagd väg (2022c), grusväg (Trafikverket, 2012), skydds- och vägledningsanordningar samt sidoområden (Trafikverket, 2022d). För järnväg har Trafikverket (2020a) avsnitt för fel och förseningar, miljö (buller och vibrationer, kadaverrensning) samt trafikförändring och underhållskostnader. Det senare sambandet består av så kallade kostnadselasticiteter som anger den procentuella förändringen av underhållskostnader när det sker en procentuell förändring av trafik (miljoner bruttoton).

Trafikverket tar även fram en så kallad ASEK-rapport (Trafikverket, 2023a) som beskriver analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn. Ett kapitel rör investeringskostnader samt drift- och underhållskostnader. Där finns exempelvis en formel för beräkning av drift- och underhållskostnader för belagda vägar med skattade koefficienter för olika trafiknivåer (vinterväghållning) samt olika vägtyper. Det anges att dessa är överslagsberäkningar av drift- och underhållskostnader som kan användas vid en investeringsplanering givet optimala vägtillstånd. För järnvägsdrift- och underhåll redovisas schablonkostnader (kr per spårmeter) för olika anläggningstyper uppdelat på olika bantyper¹³, samt schablonkostnader för underhåll och reinvestering för ett antal anläggningstyper (kr per år eller kr per meter). Även marginalkostnader för reinvesteringar och underhåll på grund av trafik presenteras i ASEK-rapporten. Här kan nämnas att ASEK:s genomsnittskostnader för vidmakthållande åtgärder är beroende av faktorer såsom trafikmängd- och mix och (fler) infrastrukturegenskaper.

Trafikverkets forsknings- och innovationsplan för åren 2023–2028 (Trafikverket, 2023b) indikerar ett behov av kunskap om att prioritera åtgärder: FoI-portföljen för vidmakthållande har ett målområde som avser ökad kunskap om anläggningarnas tillstånd, varav ett forsknings- och innovationstema rör effektsamband för underhållsåtgärder.

¹³ En strategisk indelning av Trafikverket baserat på banans funktion i transportsystemet.

4. Industriell organisation

När rätt åtgärder har identifierats och prioriterats via kalkylmetoder behöver de preciseras och genomföras, dvs. kunskapen behöver omsättas i praktiken. De grundläggande formerna för detta påverkar kostnadskontrollen – hur staten väljer att organisera, reglera och styra verksamheten kommer påverka effektiviteten och produktiviteten i vidmakthållandet. Transportinfrastruktur och dess kostnadsstruktur i förhållande till bland annat industriell organisation¹⁴ har studerats flitigt, framför allt eftersom tillhandahållandet av denna infrastruktur i regel innebär offentligt ägande och subventioner från det allmänna, vilket är kopplat till att vidmakthållandet sker i form av en (tillfällig) monopolverksamhet för att skapa effektivare produktion. I en litteraturgenomgång av Wheat m.fl. (2021) anges att produktions- och kostnadsanalyser av verksamheten skapar viktig kunskap om hur kostnader förändras med trafik och dess kvalitet (vilket beskrevs i avsnitt 3.2). De anger även att dessa analyser kan ge kunskap om vilka marknadsstrukturer och regleringar som ger bäst resultat, exempelvis i form av en avvägning mellan nyttjandet av stordriftsfördelar och minskad konkurrens när en stordrift genererar få aktörer på marknaden (se avsnitt 4.1). Kostnadsanalyser kan också ske i form av effektivitetsjämförelser som kan användas för att ställa krav på beslutsenheter (exempelvis *yardstick competition* – se Shleifer, 1985) eller för att följa upp och hitta förklaringar till det som orsakar skillnader i effektivitet. Exempel på studier som genomfört effektivitetsjämförelser beskrivs i avsnitt 6.

4.1. Att utnyttja stordriftsfördelar

Kostnaden för vidmakthållande åtgärder beror på verksamhetens omfattning. För en enhet som producerar vidmakthållande åtgärder kan det handla om storleken på det geografiska området enheten ansvarar för, exempelvis mätt som antal kilometer spår eller väg och den geografiska spridningen av denna infrastruktur. Frågan är hur kostnaderna påverkas av produktionsenhetens områdesstorlek.¹⁵ Går det att sänka kostnaderna genom att utöka storleken på området? Vid upphandling i konkurrens behöver den frågan även inkludera konkurrens effekter eftersom storleken på områden, och därmed på den produktion som behöver genomföras, kan påverka möjligheterna för mindre aktörer att lägga konkurrenskraftiga anbud.

Ett sätt att hantera paketering av arbeten för att nyttja stordriftsfördelar är att använda kombinatorisk anbudsgivning där utförare kan lägga anbud på kombinationer eller paket av objekt, vilket innebär att marknaden hittar de stordriftsfördelar som kan utnyttjas i stället för beställaren. Detta analyseras av Lunander och Lundberg (2012a; 2012b) som undersöker kombinatoriska och icke kombinatoriska budgivningar för svenska upphandlingar av vägunderhåll. I Lunander och Lundberg (2012b) undersöks detta genom en empirisk analys med data över kontrakt för vägbeläggning och anbudsgivare i två regioner i Sverige mellan åren 2009 och 2011. Resultatet tyder på att en kombinatorisk utformning med paketbud ger kostnadsminskningar och att kostnaderna kan minska ytterligare när leverantörerna själva fritt får välja hur paketen utformas i stället för att inköparna ska bestämma utformningen. Denna typ av anbudsgivning kan dock innebära ökade administrativa kostnader givet fler kontrakt inom en och samma upphandling, samt även ökade kostnader för leverantörer då den strategiska komplexiteten är högre jämfört med en traditionell anbudsgivning. Lunander och Lundberg (2012a) beskriver även att kombinatorisk anbudsgivning kan innebära svårigheter att avgöra vilka de vinnande anbuden är när det finns ett stort antal arbeten och anbud. I

¹⁴ Intern organisering behandlas i avsnitt 6 Uppföljning och lärande

¹⁵ En utvärdering baseras på jämförelser i slutkostnader mellan områden som har olika storlek. I detta ingår kostnadseffekter när både områdets utbredning och trafiken ökar (se exempelvis Caves m.fl., 1981; 1984; Wheat m.fl., 2021).

Trafikverkets rutinbeskrivning (2020c) för val av affärsform för entreprenad och tekniska konsulter anges att kombinatorisk upphandling bör övervägas som en utvecklingsfrämjande åtgärd.

Ridderstedt och Nilsson (2023) undersöker hur den konkurrensutsatta marknaden för byte av vägbeläggning med varm asfalt påverkas kostnadseffektmässigt av sammanslagning (paketering) av arbeten (går under beteckningen *bundling* i litteraturen). För att undersöka detta används en ekonometrisk metod. Den data som används i regressionsmodellen innehåller upphandlade kontrakt av Trafikverket åren 2012–2015. Resultaten visar att sammanslagning av arbeten har en effekt på kostnaderna för upphandlaren på olika sätt. Det finns betydande stordriftsfördelar men kostnader som uppstår vid paketering gör att stordriftsfördelarna blir mindre. Sammantaget är dock de flesta kontrakt fortfarande för små för att tillgodogöra sig alla stordriftsfördelar. För att skapa effektivitet i paketeringen bör fokus ligga på geografisk närhet mellan ingående delsträckor av väg och likhet i de projekt som ska ingå. Eftersom det finns en viss flexibilitet när det gäller tidpunkt för när projekt för vägunderhåll ska inledas finns det möjlighet att göra en avvägning mellan stordriftsfördelar och optimal tidpunkt för åtgärden givet vägvägningsnivå (återstående livslängd). Det kan exempelvis finnas anledning att genomföra en åtgärd i ett tidigare skede än vad vägvägningsnivåns LCC-analys anger om det skapar en tillräckligt stor nytta i form av stordriftsfördelar. Studien pekar på att det finns utrymme för framtida forskning att undersöka denna avvägning.

Smith m.fl. (2023a) använder en ekonometrisk ansats för att studera stordriftsfördelar och täthetsfördelar (avser trafikvolymens påverkan och benämns *returns to density*) för underhåll av järnvägsinfrastrukturen i Frankrike mellan åren 2013–2018. Syftet med studien är att förstå vilka faktorer som är drivande i infrastrukturförvaltarens underhållskostnader givet skillnader i typ av järnvägsnät (snabbtåg, pendlingståg i Paris och klassiska/konventionella tåg). Resultaten visar på skillnader mellan järnvägsnätens stordrifts- och täthetsfördelar; för snabbtågsnätverket finns indikationer på att underhållsarbetet inte genomförs på en optimal skala och att kostnader skulle kunna reduceras genom att slå samman underhållsenheter.¹⁶

En studie i Odolinski (2015) skattar (bland annat) hur stordriftsfördelar utnyttjas i underhållet av den svenska järnvägen baserat på observationer under 1999–2013. Resultaten indikerar möjligheter att nyttja fler stordriftsfördelar.

4.2. Planera åtgärder i förhållande till trafik

Som beskrivits tidigare handlar kostnadskontroll inte bara om produktionskostnader utan även andra externa kostnader, däribland infrastruktur användarnas tidskostnader. Det finns ett ömsesidigt beroende mellan produktionskostnader för vidmakthållande åtgärder och infrastruktur användarnas kostnader, en fråga som har uppmärksamats i olika studier givet den vertikala separationen mellan infrastruktur förvaltare och tågoperatörer i Europa där Sverige var först ut i slutet på 1980-talet. Den vertikala separationen innebär att det finns två olika parter som är involverade i den avvägning som behöver göras mellan kostnader för vidmakthållande åtgärder och trafikeringskostnader. Avvägningen behöver göras eftersom det ofta finns en begränsad infrastrukturkapacitet på så sätt att kostnader för vidmakthållande åtgärder behöver öka om trafikeringskostnader i anslutning till underhållsarbetet ska sjunka. Exempelvis kan åtgärderna behöva genomföras nattetid eller under uppdelade tider för att minska trafikstörningarna. Se exempelvis Lidén och Joborn (2016) och UIC (2015), eller Odolinski och Boysen (2019) och Odolinski m.fl. (2023a) för effektsamband som visar att underhållskostnader ökar med kapacitetsutnyttjandet, trots samma nivå av infrastrukturnedbrytning.

¹⁶ Den genomsnittliga kostnadselasticiteten för Paristraffiken är mer än fyra gånger så hög som för de klassiska regionalsträckorna och därmed har de Parisiska tågnätverket en avsevärt högre marginalkostnad. Studien anger att banavgifter (som baseras på marginalkostnader) borde ta hänsyn till de skattade kostnadsskillnaderna mellan nätverkstyper, exempel via ruttbaserad differentiering, eftersom det kan skapa ett mer effektivt nyttjande av infrastrukturen.

I avsnitt 5.2 beskrivs studier som analyserar hur en organisation som upphandlar vidmakthållande åtgärder kan skapa bättre möjligheter till en välfärdsmaximerande balans mellan kostnader för vidmakthållande åtgärder och infrastrukturansvärdarnas kostnader. Oaktat upphandlingsförfarande finns det studier som analyserat underhållsfönster på den svenska järnvägen (specifika fönster/luckor i tågtidtabellen för underhållsarbete) som tillvägagångssätt för att genomföra underhåll givet en viss trafikering. Detta blev särskilt aktuellt i och med Trafikverkets successiva införande av underhållsfönster (även kallat servicefönster) som innebär att särskilda tider i spår reserveras för underhåll och avtalas med basunderhållsentreprenören (Trafikverket, 2022f och 2022g). Ait-Ali och Lidén (2022) analyserar underhållsfönster utifrån dess utformning och trafiksituation och tar fram en metod för att utvärdera den lägsta nyttjandegrad (*minimal utilization rate*) som kan motivera dessa fönster. Utvärderingen baseras på en samhällsekonomisk analys (*CBA*) som tar hänsyn till totala sociala kostnader (arbetskostnader, minskad trafikproduktion och vinster i tillförlitlighet för framtida trafik). En fallstudie genomförs för Södra stambanan där den lägsta nyttjandegraden utvärderas för olika testscenarier såsom natt- eller dagskift, olika funktioner för anläggningens nedbrytning och olika utformningar av underhållsfönstren. Resultaten visar att med låga trafikvolymerna kan en nyttjandegrad på 4–42 procent av fönstren rättfärdigas medan en högre nyttjandegrad, 47–83 procent, krävs för att det ska vara rättfärdigt att helt stänga av trafiken under höga trafikvolymerna. Huruvida nyttjandegraden mäts utifrån andel använd fönstertid eller andel använda fönster är inte avgörande för resultaten, speciellt inte när en hög nyttjandegrad krävs. Känslighetsanalyser visar att nedbrytningsfunktioner¹⁷ och nivåer på lägsta kvalitet kan ha en avgörande effekt på nyttjandegraden medan trafikvolym, diskonteringsränta och risk för fel har en mindre påverkan på resultaten. Den lägsta nyttjandegraden är som högst (upp till 83 procent) när anläggningens kvalitet degraderar snabbast (linjär degraderingsfunktion) och fönstren är planerade under dagtid (hög trafikvolym).

I en fallstudie av Ivina och Palmqvist (2023) undersöks den praktiska användningen av underhållsfönster under perioden 2019–2020 på en järnvägssträcka i södra Sverige (Arlöv-Nässjö). Nyttjandegraden av underhållsfönster beräknas som kvoten mellan tiden för spårarbete inom ett underhållsfönster och den totala tiden för underhållsfönstret. Resultaten visar att 10 procent av den totala spårkapaciteten var tillägnad underhållsfönster, men att endast 11 procent av denna spårkapacitet användes för underhållsarbete, samt att 68 procent av banarbetet utfördes utanför fönstret och att bara 34 procent av den kapacitet som var reserverad för underhållsfönstret användes. Resultaten pekar således på en signifikant skillnad mellan den tilldelade tiden och platsen för underhållsfönsterna och dess faktiska utnyttjande. Studien föreslår att nyttjandet av fönsterna behöver knytas närmare utförarens behov och föreslår att de ska förläggas under helgdagar, bli mer tillgängliga vid slutet av planeringshorisonten, att vissa ska förlängas tidsmässigt samt att infrastrukturförvaltaren bör skapa incitament för utföraren att genomföra arbetet inom planerade underhållsfönster.

4.3. Egen regi eller upphandling?

Ett val som i allra högsta grad kan påverka kostnadskontrollen är huruvida de vidmakthållande åtgärderna genomförs i egen regi eller upphandlas i konkurrens. De teoretiska resultaten i Hart m.fl. (1997) ger grova tumregler för när verksamheter bör skötas i egen regi och när de bör upphandlas från privata aktörer. Resultaten visar att argumenten för egen regi är starkare om innovationer inte är viktiga och kvalitetsaspekter inte går att kontraktera, exempelvis därför att vissa kvalitetsproblem visar sig först många år efter att kontraktet upphört (med andra ord möjliggör det kostnadsreduktioner med stora negativa effekter på kvalitet). Motsatt är argumenten starkare för upphandling i konkurrens om kvalitetsaspekter kan kontrolleras via kontrakt (eller via *ex post*-konkurrens) samt om innovationer är

¹⁷ Den lägsta nyttjandegraden sjunker vid en lägre nedbrytningstakt. På så sätt kan en mer motståndskraftig anläggning avsevärt minska den lägsta nyttjandegraden, speciellt då underhållsfönstren är belagda under dagtid med höga trafikvolymerna.

viktiga. Resultaten i Hart m.fl. (1997) kan ge information om vad som är angeläget att hantera då en beslutad prioritering ska omsättas i handling.

Formerna för verksamheten har förändrats i Sverige under de senaste 20–30 åren där vidmakthållande av vägar började upphandlas i konkurrens under 1990-talet och motsvarande reform genomfördes för järnvägar med start under början av 2000-talet. Studier som har analyserat konkurrensutsättningen av väg- och järnvägsunderhåll är Yarmukhamedov m.fl. (2020) respektive Odolinski och Smith (2016). Yarmukhamedov m.fl. undersöker om det finns skillnader mellan den statliga leverantören (Svevia) och de privata entreprenörerna (NCC, Peab och Skanska) när det gäller effektivitet efter att marknaden blev konkurrensutsatt. En ekonometrisk metod används med paneldata som innehåller 73 kontrakt mellan åren 2004–2014. Resultaten visar att den konkurrensutsatta marknaden inneburit kostnadsbesparingar. Liknande resultat återfinns i de jämförelser som gjorts i Australien (Lyon och Dwyer, 2011) och i Kanada (ISTED, 2002). Yarmukhamedov m.fl. jämför även kostnadsskillnader den statligt ägda utföraren och de privata företagen där resultaten visar att den sistnämnda gruppen har betydligt lägre kostnader för vägunderhåll. Det är inte helt klarlagt vad som orsakar denna skillnad, men en slutsats i studien är att det återstår en del effektivitetsproblem, något som konkurrensutsättningen i sig inte lyckats rå på.

Odolinski och Smith (2016) undersöker effekten av konkurrensutsättning av järnvägsunderhåll under perioden 1999–2011. Resultaten visar att konkurrensutsättning av underhållsarbetet på järnväg minskat kostnaderna med runt 11 procent utan några indikationer på att det påverkat kvaliteten.¹⁸ Odolinski (2015) poängterar emellertid att effekten av dessa typer av reformer behöver analyseras utifrån dess (långsiktiga) effekt på både produktionskostnader och infrastrukturansvärdarnas kostnader. Odolinski m.fl. (2023b) är ett exempel på en studie som inkluderar störningskostnader i en effektivitetsjämförelse mellan olika underhållsregioner i Frankrike och föreslår att metodansatsen används i utvärderingar av olika regleringar eller reformer.

Gränserna för egen regi och upphandling i konkurrens är också något som rör på sig i Sverige just nu; Trafikverket fick för ett par år sedan ett uppdrag av regeringen (I2021/03391) att redovisa åtgärder för att genomföra ett visst järnvägsunderhåll i egen regi. Uppdraget motiveras med att ”marknaden för basunderhåll delvis inte utvecklats i en riktning som är långsiktigt hållbar sedan järnvägsunderhållet omreglerades och utsattes för full konkurrens” (Regeringen 2021, s. 3). De redovisade åtgärderna (se Trafikverket, 2022a) innebär bland annat att planering och produktionsledning av basunderhåll ska ske i Trafikverkets regi i tre kontraktsområden.

Det finns exempel där valet mellan egen regi och upphandling av privata aktörer är en del av en upphandlingsstrategi för offentliga infrastrukturbeställare. Makovšek och Bridge (2021) beskriver (bland annat) offentliga infrastrukturbeställares upphandlingsstrategier, däribland Storbritannien som har tagit fram en så kallad funktionell standard (*functional standard*) för upphandling (HM Government, 2022). Storbritannien sticker ut på så sätt att beställarens första steg är att utvärdera om produktionen ska genomföras i egen regi, upphandlas från privata aktörer, eller om en mix av dessa ska användas där delar av tjänsten produceras i egen regi och andra delar upphandlas. En sådan utvärdering ska även itereras över tid för samma typ av tjänster om det exempelvis sker tekniska innovationer, finns bristande kvalitet i leverans av tjänster, eller det sker stora regleringsförändringar.

¹⁸ Storbritannien har genomfört ett antal reformer i förvaltningen av järnvägsinfrastrukturen. Cowie och Loynes (2012) analyserar kostnader för vidmakthållande åtgärder under tre olika ägandeformer under perioden 1980–2009: det statliga British Rail, det privatiserade Railtrack och det senare icke-vinstdrivande företaget Network Rail. Syfte med studien är att skatta kostnadseffekten av övergången från statligt till privat ägande. Studiens främsta resultat är att kostnaderna initialt steg med 33 procent med Railstracks (privata) ägandeskap och med ytterligare 11 procent när Network Rail (icke-vinstdrivande) tagit över. Mestadels berodde detta på bristande konkurrens mellan underleverantörer. I slutet av perioden hade kostnaderna sjunkit till samma nivå som innan privatiseringen. Det ger indikationer på att effektivitet ökar över tid. Samtidigt har förvaltningskostnaderna för infrastrukturen ökat betydligt över perioden.

Modellen för detta beskrivs i HM Government (2023) och i Government Commercial Function (2021a; 2021b).

5. Upphandling och kontraktsgest

Givet valet att upphandla vidmakthållande åtgärder behöver infrastrukturförvaltaren fatta beslut om hur denna upphandling ska gå till och hur kontrakten ska utformas, något som är avgörande för effektiviteten och produktiviteten¹⁹ i infrastrukturens vidmakthållande, dvs. kostnadskontrollen. Ett viktigt första steg är val av entreprenadform (se avsnitt 5.1). Därefter behöver upphandlingsförfarande och tilldelningskriterier utformas (se avsnitt 5.2). Ersättningsform och design av kontrakt påverkas till viss del av entreprenadform, men det finns likafullt olika val inom dessa kontraktstyper som en beställare behöver göra (se avsnitt 5.3). Beroende på de ersättningsformer som har valts och vilka arbeten som har specificerats i kontraktet finns det risk för obalanserad anbudsgivning, något som har fått uppmärksamhet i exempelvis Riksrevisionens rapporter (2019 och 2020) om kostnadsavvikelser inom Trafikverkets upphandlade väg- och järnvägsunderhåll (se avsnitt 5.4).

Osäkerhet och riskfördelning är en viktig del i utformandet av upphandlingar och kontrakt och är en återkommande aspekt i nedanstående avsnitt. Två generella principer styr om det är beställaren eller utföraren som bör bära risk. Den ena principen är att risk bör ligga på utföraren om denne har möjlighet att påverka risken, dvs. genomföra verksamheten på sätt som minskar risken för stora fördyringar. Om det inte finns någon skillnad mellan parterna i detta avseende är den andra principen att en risk ska allokeras till den part som bäst kan hantera den (se exempelvis OECD, 2008), något som även Trafikverket anger i sina styrdokument (se Trafikverket, 2020c). Eftersom beställaren ofta har större ekonomiska muskler än utföraren innebär detta att Trafikverket ofta får bära risk. Ett exempel på att risk fördelas till Trafikverket är indexreglering av ersättning i fleråriga kontrakt där utföraren får en ersättning som ökar i takt med att priset ökar på de insatsvaror som används i produktionen av underhåll. Detta motiveras med att dessa priser är något som utförarna inte kan påverka. Motsvarande argument används för tonnageregleringen på järnväg som beskrevs i avsnitt 3.2. Ett ytterligare exempel på risk som allokeras till Trafikverket är att en del av materialet som behövs i järnvägsunderhåll bekostas av Trafikverket.

5.1. Entreprenadform

Trafikverket upphandlar kontrakt för basunderhåll som totalentreprenad (TE) eller utförandeentreprenad (UE), där entreprenadformer styrs av de Allmänna Bestämmelser (AB) som används i anläggningsbranschen. Processen för detta benämns av Trafikverkets rutinbeskrivning (2020c) som det första huvudsteget i val av affärsform.

En TE innebär att beställaren beskriver vilken funktion som ska upprätthållas men har inga krav på hur arbetet ska genomföras (givet att det faller inom ramen för beställarens tekniska krav och regleringar) för att säkerställa beställd funktionalitet. Det innebär att entreprenören har fler frihetsgrader jämfört med en UE inom vilken beställaren beskriver mer i detalj hur arbetet ska genomföras för att upprätthålla en viss funktionalitet.²⁰ Val av TE eller UE ska enligt rutinbeskrivningen styras av omfattning av arbete, möjliga frihetsgrader för utföraren, komplexitet (exempelvis gällande teknik, externa beroenden), osäkerhet (risk), och innovationsbehov eller annan nytta. Inom TE och UE har Trafikverket ett antal 'typentreprenader' (se Trafikverket, 2022e) och dessa grupperas även efter

¹⁹ Här kan noteras att effektivitet är en delmängd av produktivitet på så sätt att produktiviteten kan förbättras via effektivitetsförbättringar, bättre utnyttjande av stordriftsfördelar, och teknisk innovation (se exempelvis Coelli m.fl., 2005).

²⁰ Det bör noteras att UE och TE inte tillämpas fullt ut i basunderhållskontrakten då det finns fastprisersättningar (oreglerbara mängder, se nedan) i UE och delar av TE är styrda och innehåller reglerbara mängder (se avsnitt 5.3)

'Samverkan Bas' eller 'Samverkan Hög', där den senare gruppen används för entreprenader som anses vara komplexa.^{21, 22}

5.1.1. Utvärderingar av samverkansformer

Utvärderingar av samverkansformer är än så länge kvalitativa. Studien av Karrbom Gustavsson m.fl. (2022) är ett exempel på en kvalitativ utvärdering av Samverkan Hög. Rapporten är en delstudie i forskningsprojektet Samverkan Hög som finansieras av Trafikverket och handlar om samverkansinriktade upphandlingsstrategier. Forskningsprojektet i sin helhet ämnar utvärdera denna kontraktsmodell där rapporten fokuserar på förberedelserna och anbudsskedet med utgångspunkt i entreprenörernas upplevelser. Mer specifikt undersöker Karrbom Gustavsson m.fl. hur entreprenörerna upplever Trafikverkets upphandling med Samverkan Hög och utgår från fyra piloter där samverkan har testats. Två av dessa gäller vägunderhåll och innefattar baskontrakten Ljungby och Bräcke medan de andra två gäller järnvägsunderhåll för Södra Malmbanan och Västra Götaland Öst. Semistrukturerade intervjuer genomförs med entreprenörer som hämtat ut förfrågningsunderlaget för någon av piloterna. 12 personer intervjuades under åtta intervjuer med sex olika entreprenörer. Studiens resultat visar att entreprenörerna har en positiv uppfattning av Samverkan Hög. Ökad kompetens från både beställare och entreprenörer såväl som flexibilitet i kontrakten och tolerans i styrningen lyfts fram som faktorer som behövs för att förbättra samverkan. För att kunna arbeta på nya sätt behövs färre detaljkrav som i sin tur kan bidra till högre attraktivitet. De intervjuade menar också att de ekonomiska riskerna behöver minska och vitena blir färre (se dock avsnitt 5 där principer för riskfördelning beskrivs, varav en princip är att risk bör ligga på utföraren om denne har möjlighet att påverka risken, dvs. genomföra verksamheten på sätt som minskar risken för stora fördyringar).

Inom Samverkan Hög undersöker Kadefors m.fl. (2023) uppstarten av planeringsfasen i projektet och aktiviteter fram till beslut om att teckna kontrakt för produktionsfasen. Rapporten omfattar tre pilotkontrakt för både väg- och järnvägsunderhåll. En kvalitativ metod används där bland annat intervjuer, dokument och workshops har analyserats. I intervjuerna framhålls en rad fördelar med att arbeta samverkansinriktat men också ett behov av utveckling av upphandlingsstrategin, en långsiktig plan för utvecklingsarbete samt kompetensutveckling för båda kontraktsparter. Exempel på fördelar som framhålls är ökad resurseffektivitet och innovation, ökad attraktion för branschen genom förbättrad arbetsmiljö samt att en lägre risk för utförare (via den riskpåverkande modellen inom samverkansformen) skulle underlätta för nya aktörer att etablera sig på marknaden.

Nilsson Vestola m.fl. (2023) utvärderar två innovationspiloter inom Baskontrakt väg som syftar till att främja utveckling, nytänkande och innovation på leverantörsmarknaden genom att utveckla effektiva affärsstrategier och arbetssätt. En jämförelse görs mellan de två innovationspiloterna och två kontrakt som är traditionellt upphandlade gällande vilka förutsättningar som finns kring utveckling, nytänkande och innovation. En intervjustudie genomförs för att beskriva och utvärdera erfarenheterna inom piloterna gällande affärsstrategier, organisationer och sätt att arbeta på samt undersöka hur dessa påverkar utveckling, nytänkande och innovation. Respondenterna består av representanter från båda innovationspiloterna samt från de två traditionellt upphandlade kontrakten. Därtill ingår även observationer och dokumentstudier av samtliga projekt. Intervjuerna visar att de som arbetar på projektnivå och de som arbetar centralt på Trafikverket har skilda uppfattningar om möjlighet till, och syftet med, innovation. De på projektnivå menar att det som ska klassas som innovation, och även det som är möjligt att genomföra som innovation, är mindre förbättringar och effektiviseringar. Denna

²¹ I 'Samverkan Bas' ingår så kallade standardentreprenader. Ett undantag är komplexa entreprenader som har ett underhållsåtagande som är längre än 10 år.

²² Det finns även en annan typ av samverkan som kallas Offentlig-Privat Samverkan (OPS) eller Public Private Partnership (PPP). Det är en upphandlingsform där det privata företaget även finansierar (stora delar) av projektet. Ett exempel i Sverige är Arlandabanan – se Riksrevisionen (2016).

definition och detta synsätt på innovation är beställarrepresentanterna tveksamma till. I intervjuerna anges även att projektens produktionskrav är ett hinder till innovation på grund av att dessa är för detaljerade, vilket hade en hämmande effekt på innovationspiloternas utvecklingsfrämjande åtgärder för innovation.²³

Ovillighet från projektledare att ta risker medför att det blir problematiskt att kombinera både vidmakthållande och utveckling i projekten, vilket är ytterligare ett resultat från rapporten av Nilsson Vestola m.fl. (2023). För att främja arbetet med innovation krävs det därför att projektledarna får incitament från Trafikverket. Resultaten visar slutligen att innovationsarbetet med både formell och informell samverkan drar nytta av att beställare och entreprenör upplever att det finns utrymme och drivkrafter till innovation. Detta menar studien kan peka på att huvudsyftet för den formella delen av samverkan därför kan vara innovation.²⁴

Formell och informell samverkan mellan beställare och utförare studeras även i artikeln av Nilsson Vestola och Eriksson (2023). En longitudinell multipel fallstudie för fyra svenska vägunderhållsprojekt utförs för att se hur samspelet mellan samverkansformerna påverkar framgången inom dessa samarbeten. Studiens resultat mynnar ut i rekommendationen att formella samarbetsformer bör implementeras trots att det informella samarbetet fungerar väl, detta eftersom det informella samarbetet kan brista vid oförutsedda problem.

Larsson och Larsson (2020) utgår från en fallstudie för ett underhållsprojekt för väg som innehåller en stor mängd samarbete. Det anges att det finns ett ökat behov av att ta hänsyn till hållbarhet inom infrastruktursektorn samtidigt som det finns en ökad mängd av olika metoder för att hantera utmaningar med den globala hållbarheten. Vidare anges att detta kan kräva en ökad kunskap och samordning från samtliga intressenter inom sektorn. Detta har lett till nya typer av samarbetslösningar som syftar till att förbättra projektens kvalitet. Studien av Larsson och Larsson (2020) fokuserar på utformningen av en optimal strategi för att implementera samarbete inom projekt och hur det i sin tur påverkar hållbar projektledning. Resultaten visar dels att hållbar projektledning påverkas av olika typer av samarbeten, dels att hållbara leveranser som är baserade på organisatoriskt lärande och kontinuerliga förbättringar har främjats av omfattande samarbete mellan aktörer.

²³ När det gäller de organisatoriska förutsättningarna är mixen av kortsiktiga/temporära och långsiktiga/permanenta delar i projektorganiseringen viktig för innovation. Aspekternas delas upp i olika teman: Tid, Uppgift, Team och Förändring. När det gäller Tid handlar de temporära aspekterna om tidsbegränsade kontrakt medan de permanenta handlar om underhållsaktiviteter som utförs under en anläggnings livscykel. Den temporära aspekten inom temat Uppgift omfattar korta och icke-standardiserade uppgifter som skulle kunna ses som enskilda små projekt (de permanenta är motsatsen, dvs. standardiserade och repetitiva). Gällande Team är dessa tvärfunktionella och består av kompletterande egenskaper för temporära aspekter. De permanenta aspekterna för Team är i stället projektdeltagare som är bekanta med varandra och utformningen kan vara samma över flera projekt. Slutligen är Förändringen utifrån de temporära aspekterna projektet i sig själv. Förändring utifrån permanenta aspekterna handlar om att bibehålla en stabil produktion och utveckling. De temporära och permanenta aspekterna inom projektorganisering och dess beroendeförhållande undersöks även i en fallstudie av Nilsson Vestola m.fl. (2021). I studien betonas vikten av att kombinera en blandning av både temporär och permanent organisering i en ledningspraxis i projekt som innehåller dessa båda aspekter för att matcha förutsättningarna för projektorganiseringen.

²⁴ Nyström m.fl. (2016) jämför de två olika kontraktsformerna DB (design and build) och DBB (design-bid-build) utifrån ett innovationsperspektiv. DBB-kontrakt är den traditionella kontraktsformen och innebär att entreprenören bygger det som beställaren har designat, medan DB ger entreprenören mer utrymme till innovation då de själva designar och bygger. För att jämföra de två kontraktsformerna utgår artikeln från en fallstudie över fem svenska vägbyggnadsprojekt. Resultatet tyder inte på någon betydande skillnad i innovation mellan kontraktsformerna eftersom DB-kontrakten har en begränsad frihet när det gäller designen. Därför menar författarna att det inte nödvändigtvis skapar ökad innovation att använda DB-kontrakt.

5.1.2. ...och av mer generella entreprenadformer

Österström och Nilsson (2016) ger en överblick och beskrivning av hur olika kontraktsmodeller är utformade inom upphandling av vägunderhåll. Erfarenheter hämtas från vägadministrationer för upphandling av vägunderhåll i Ontario, Norge och Skottland. Studien består av två delar där det dels genomförs intervjuer med företrädare från nämnda vägadministrationer, dels genomförs en litteraturgenomgång av relevant litteratur inom området. Resultaten visar att det finns en bristande entydighet gällande vilken kontraktsmodell som är mest effektiv för vägunderhåll.

Funktionsupphandling²⁵ har enligt litteraturen varit mest fördelaktigt medan resultaten från intervjuerna tyder på en mer kritisk uppfattning. Rapporten lyfter fram två problem med funktionskontrakt. Det första handlar om att entreprenörerna försöker utföra så få uppgifter i kontrakten som möjligt vilket leder till sämre kvalitet. Detta skulle kunna bero på att metoden för kontroll av entreprenörerna är bristfällig. Det andra problemet handlar om att offentligheten ser ett fungerande vägunderhåll som vägadministrationens ansvar. Vid felaktigheter tar det tid att kräva av entreprenören att kontraktet ska anpassas. Enligt rapporten finns det tre lösningar på dessa problem. Att anpassa ersättningsmodellen till en blandning mellan fasta priser och å-priser utgör den första lösningen och innebär att kontrollen ökar för vägadministratören. Genom att anpassa anbudsprocessen innan kontrakten skrivs kan det möjliggöra att den entreprenad med motsvarande kvalitet som behövs väljs, vilket utgör den andra lösningen. Slutligen föreslås den sista lösningen vara att undvika funktionskontrakt då de, speciellt för vägunderhåll, inte verkar fungera.

Österström och Nilsson (2016) noterar svårigheten med att definiera vilken kontraktsmodell som är mest effektiv, trots att det existerar en stor mängd litteratur på området. En viktig aspekt för att kunna utvärdera vilka typer av kontraktsmodeller som är mest effektiva är att det krävs en uppföljning och jämförelse av kostnader och resultat mellan olika modeller. Därtill efterfrågas även att fokus vid utformningen av kontrakt inte endast ska vara på utförandentreprenad eller funktionsentreprenad. Österström och Nilsson betonar att metod för uppföljning och ersättningsmodellens incitament för arbetet kan vara viktiga faktorer att ta hänsyn till. Detta eftersom detaljer i vägunderhållskontraktens utformning ofta är betydande för kontraktets slutresultat. Ytterligare en observation av studien är att mer långvariga kontrakt med en bredd i arbetsuppgifter är mer effektivt. Det krävs även att vägunderhållskontraktens utformning hanteras mer öppet för att kunna ta hänsyn till detaljer för att öka effektiviteten.

Nilsson m.fl. (2019) undersöker bland annat skillnader mellan kostnadsavvikelser för utförande- och totalentreprenad, men anger att det underlagsmaterial som används för att undersöka detta är ofullständigt. Det går dock att se att det finns en viss inverkan av entreprenadform på kostnadsavvikelser. Författarna pekar på att det krävs mer forskning kring både hur utförande- respektive totalentreprenad samt hur fast pris respektive mängdbaserade ersättningar påverkar dels kostnadsnivå, dels kostnadsöverskridande.

Lingegård m.fl. (2021) pekar på att det finns tre olika delar inom infrastrukturen som historiskt upphandlas som fristående delar. Dessa består av att 1) designa, 2) bygga och 3) underhålla infrastrukturen. En integrering av dessa delar inom ett och samma kontrakt kan bidra till ett ökat livscykelperspektiv inom sektorn. För att integrerade kontrakt ska fungera optimalt behöver de beroendeförhållanden som finns mellan aktörer, resurser och aktiviteter för design, byggnation och underhåll analyseras, vilket är det studien syftar till. Studien utgår från tre svenska kontrakt, upphandlade av Trafikverket, som använt sig en integrerade kontrakt. Därtill analyseras dessa med hjälp av en industriell nätverksansats. Syftet med ansatsen är att kunna identifiera

²⁵ Funktionsupphandling innebär att utföraren har ett funktionsansvar, vilket är fallet i exempelvis Totalentreprenader (se avsnitt 5.1). Dessutom finns funktionsentreprenader som Trafikverket (2022e) beskriver som investeringsentreprenader med drift- och underhållsansvar där funktionsåtagandet gäller under en period över 10 år.

beroendeförhållanden och samspelet mellan olika aktörer inom organisationen som uppstår vid den organisatoriska förändringen vid implementeringen av integrerade kontrakt. För att besvara studiens syfte genomfördes 26 semi-strukturerade intervjuer med olika aktörer inom projekten. Intervjuerna genomfördes under 2016 och 2017 då samtliga projekt hade genomfört underhåll i minst två år.

Resultatet visar att det finns hinder för att utnyttja fördelarna med integrerade kontrakt utifrån ett livscykelperspektiv. Beslutet att använda integrerade kontrakt gjordes på en hög ledningsnivå och det fanns svårigheter med att förmedla livscykelperspektivet ner på projektnivå. Det framgick att en del aktiviteter hanterades traditionellt och att hänsyn inte togs fullt ut till exempelvis underhållet, vilket förtar lite poängen med kontraktmodellen att ta hänsyn till livscykelperspektivet. Brist på samarbete mellan aktörer och kunskap om livscykelperspektivet och hänsyn till hållbarhet påverkar också kontraktmodellens fördelar.²⁶

5.2. Upphandlingsförfarande och tilldelningskriterier

I avsnitt 4.2 beskrevs att fler kostnader än enbart produktionskostnader behöver beaktas när vidmakthållande åtgärder ska planeras och genomföras. Hur upphandlingsförfarandet och tilldelningskriterier ser ut påverkar avvägningen mellan olika kostnader. Detta är något som analyseras i en fallstudie av Nilsson m.fl. (2023) där de samhällsekonomiska konsekvenserna av olika utformningar av upphandlingar och kontrakt redovisas. Syftet med studien är att beskriva ett tillvägagångssätt för upphandlingar som ger entreprenörer möjlighet att lämna anbud med innovativa lösningar med avseende på hur ett uppdrag ska genomföras. Fallstudien baseras på information om ett växelbyte där entreprenörer kan välja mellan upphandlings- och avtalsformen utförandeentreprenad (UE) eller ett alternativt upplägg med totalentreprenad (TE). En konsekvens av att använda UE är att entreprenören är begränsad till att genomföra uppdrag på det sätt och vid den tidpunkt som definierats i avtalet mellan Trafikverket och entreprenören. I stället för att genomföra arbetet under helgtid när banan är avstängd för trafik (vilket är standardiserat förfarande enligt UE) menar det företag som tillverkar växlarna att det är möjligt att genomföra växelbytet utan att stänga av banan helt genom att dela upp arbetet i flera moment och schemalägga dessa samtidigt som tågtrafiken går. Fallstudien redogör för hur ett mer flexibelt format av upphandlingen kan bidra till förbättrad effektivitet i hanteringen av samhällets resurser. Utgångspunkten för undersökningen är att det alternativa tillvägagångssättet (TE) inte har testats och att det hårt reglerade UE missar möjligheterna till incitament och försök av alternativa metoder. Studien betonar också möjligheten att en entreprenör jämfört med Trafikverket kan ha bättre koll på produktionsmetoder och möjligheter att anpassa genomförandet till de exakta omständigheterna på arbetsplatsen. Studien föreslår ett sätt att lämna anbud på järnvägsprojekt som gör att incitament för att undersöka alternativa genomförandereformer är inbyggda i anbudsstrukturen. I studien illustreras också fördelarna med lösningar som minskar tågstörningar under genomförandet av spårarbeten och att samspelet mellan kostnader för själva bygget och kostnader för användare är en viktig kvalitetsdimension för att stärka effektiviteten. Vidare efterfrågas mer information och tids- och rullkostnader för tåg för att kunna värdera konsekvenserna av tidsförluster och uppskattning av de merkostnader som följer. Möjligheten att kvantifiera och värdera även andra dimensioner av upphandlande kontrakt skulle ge det förslagna förfarandet än större tillämpbarhet.

²⁶ Studien presenterar fem rekommendationer för att hantera beroendeförhållanden mellan olika aktörer vid integrerade kontrakt. 1) De befintliga sätten att interagera mellan aktörer behöver brytas, exempelvis genom att identifiera de traditionella arbetssätten. 2) Nya relationer och sätt att organisera behöver både identifieras och implementeras för att skapa förutsättningar för integrerade kontrakt. 3) Kompetensutveckling behövs. 4) För ett optimalt fungerande integrerat kontrakt krävs kunskap om timing för att kombinera olika resurser. 5) För att skapa incitament för aktörerna att bidra till ökad innovation och hållbarhet både på kort och lång sikt krävs det kunskap om cirkulär offentlig upphandling, specifikt om hur de olika aktörerna får fördelar genom integrerade kontrakt.

En liknande studie för vägarbeten har genomförts av Nyström m.fl. (2019). De föreslår att problemet med förlorad restid orsakade av vägarbeten ska hanteras med förseningsavgifter. Kostnaden för den förlorade restiden för väganvändaren kommer att påverka entreprenörerna direkt. Entreprenörerna kommer därmed behöva ta hänsyn till både byggkostnader och kostnaden för förseningsavgifter vilket således kommer leda till en ökad samhällsnytta. Detta kommer i sin tur att skapa incitament för entreprenörerna att arbeta med innovativa lösningar som minskar förseningar vid vägarbeten. Artikeln använder sig av en simuleringsmetod där Stadsgårdsleden (en 1,5 km väg som leder in till Stockholm) analyseras genom en scenarioanalys. Tre scenarier analyseras där det första utgår från ett ursprungligt läge utan vägarbete, dvs. med två öppna körfält i varje körriktning. Det andra scenariot utgår från att det endast är ett körfält öppet i varje körriktning. Slutligen utgår det sista scenariot ifrån en lösning genererad av användningen av förseningsavgifter där 1,5 körfält är öppet. Varje körfälts kapacitet är 575 fordon per timme och scenariot med 1,5 körfält öppet innebär därmed en kapacitet på 863 fordon per timme. Resultatet från scenarioanalysen visar att den sociala kostnaden för att scenariot där endast ett körfält är öppet är mer än dubbelt så högt som vid 1,5 körfält öppet. Det rationella hade således varit att ha 1,5 körfält öppna, så länge mellanskillnaden för att möjliggöra att hålla dessa öppna inte överstiger kostnaden för att endast ha ett körfält öppet. Detta skapar även incitament för entreprenören att arbeta så snabbt som möjligt. Ju snabbare projektet är klart desto mindre blir förseningsavgifterna som behöver betalas till uppdragsgivaren. Nyström m.fl. jämför förseningsavgifter med två andra metoder (A+B budgivning och vägbanehyra)²⁷ för att internalisera effekten av ökad användartid vid vägunderhållsprojekt från tidigare litteratur. De andra metoderna utgår från antingen en bonus för projekt som slutförs tidigare än beräknat eller en avgift för varje stängt körfält under ett projekt. Alla metoder har en positiv effekt på projekttid men resultatet från simuleringen visar att förseningsavgifter ger störst utrymme för entreprenörerna att arbeta med innovativa lösningar för att minska projekttiden.

Fukushima m.fl. (2022) breddar definitionen av sociala kostnader för vägunderhåll till att omfatta påverkan på utsläpp, säkerhet och buller. Studien använder simulerade data på ökad trafik till följd av vägarbeten i två medelstora städer och finner att både direkta kostnader för väganvändarna och andra externaliteter av vägunderhåll är betydande. Att bortse från dessa kostnader i upphandlingsförfarandet innebär stora underskattningar av samhällskostnaden. Studien diskuterar hur vägunderhållens externaliteter i urbana områden kan internaliseras med utgångspunkt för små offentliga enheter med begränsade resurser.

Från ett internationellt perspektiv visar Fukushima m.fl. att tidigare studier från Storbritannien och USA undersökt hur tidskomponenter i upphandlingsdesignen kan bidra till att internalisera kostnader orsakade av vägarbeten. Bland annat började ett flertal infrastrukturförvaltare i USA under tidigt 1990-tal experimentera med kontraktsumformningar där tiden för utförandet bestämdes utifrån professionella bedömningar och standardiserades efter produktionsvärdering per dag och arbetsenhet, och incitament infördes i form av en daglig användarkostnad (DRUC) för varje dag som projektet överskred den bestämda tiden (eller drogs av om projektet avslutades tidigare). En genomgång av litteratur på området visar att den typen av incitament generellt minskade tiden för att slutföra projekten i runt 40 procent av alla fall, något som kan indikera att infrastrukturförvaltaren överskattat tidsåtgången för projektet. Andra kontraktsumformningar som började användas är A+B budgivning (se fotnot 27). I ett sådant vanligt A+B fall belönas den anbudsgivare som erbjuder lägst total kostnad utifrån både pris och DRUC för tiden för utförandet. Studier som undersökt effekten av A+B budgivning har visat på kortare utförandetid utan påverkan på kvaliteten men att ersättningen generellt varit högre för de vinnande buden (se bland annat Ellis och Herbsman, 1990; Herbsman m.fl., 1995; Lewis och Bajari, 2011).

²⁷ A+B budgivning innebär att entreprenörerna ger ett bud med både en kostnads- (A) och tidskomponent (B), där lägst total kostnad vinner. En vägbanehyra innebär att entreprenören betalar en klumpsumma per dag eller per timme som vägbanan är stängd för trafik.

En annan metod för att internalisera sociala kostnader av vägarbeten är genom tidsdifferentierade vägavgifter för entreprenörerna. Metoden går ut på att en avgift motsvarande den sociala kostnaden införs på olika delar av dagen. I Storbritannien påbörjades försök med tidsdifferentierade avgifter i delar av London och Kent under 2012 och 2013; i båda fallen differentierades avgiften efter trafikflöden och tid på dagen. I London baserades kostnaderna endast på väganvändarkostnaden men i Kent togs även hänsyn till säsong, typ av vägarbete samt olyckor och utsläpp av koldioxid. Försöken ledde i de flesta fall till att vägarbetet förlades till avgiftsfria tider och innebar nettobesparingar på ca 126 till 35 miljoner GBP i London respektive Kent (UK Department for Transport, 2018). De lyckade experimenten ledde till en lagändring som tillät flera myndigheter att implementera vägavgifter och 2021 var 69 procent av Transport for Londons upphandlade vägarbeten tidsdifferentierade.²⁸

En viktig del i ett upphandlingsförfarande är att offentliggöra information om den tjänst som ska upphandlas. Goree och Offerman (2003) beskriver hur mer information till anbudsgivare reducerar riskpremien i anbudet, det kan öka antalet budgivare genom att oerfarna företag får lägre inträdeshinder på marknaden och det skapar en mer aggressiv budgivning. De Silva m.fl. (2009) är en studie som analyserar effekten av att en beställare, Oklahoma Department of Transportation, började delge information om sina egna kostnadsestimater för motorvägsprojekt. Resultaten indikerade en betydande ökning i konkurrens mellan gamla och nya aktörer på marknaden.

5.3. Ersättningsformer²⁹

När en upphandling ska genomföras behöver beställaren välja ersättningsform. Inom byggsektorn är det vanligt att olika ersättningsformer används för olika typer av arbeten i kontraktet. Dessa arbeten specificeras av Trafikverket i en mängdförteckning (MF) och är en central del i den uppdragsbeskrivning som upprättas för kontrakt och ingår i förfrågningsunderlaget som entreprenörer får ta del av. Varje arbete har en enhet, exempelvis meter spår/väg, en mängd och en ersättningsform som anger om mängden är oreglerbar (OR) eller reglerbar (R). Anbudsgivningen innebär att entreprenörer sätter ett å-pris för varje arbete i MF. Det sammanlagda anbudet räknas fram genom att multiplicera å-priset med den mängd som specificerats av Trafikverket och slutligen genom en summering över alla poster.

OR-mängder innebär en fast ersättning och den entreprenör som vunnit upphandlingen och angett ett pris för denna mängd kommer att få den fasta ersättningen oavsett om entreprenörens verkliga kostnad var högre eller lägre (det finns dock undantag som beskrivs nedan). I detta fall är det entreprenören som bär risken givet de osäkerheter som finns om behov av åtgärder. För R-mängder har beställare möjlighet att under kontraktperioden ange fler eller färre mängder enligt det å-pris som den vinnande entreprenören angivit.³⁰ I detta fall bär beställaren en risk för att det verkliga behovet av mängder avviker från det behov som beställaren beräknat inför upphandlingen. R-mängder som ersättningsform öppnar upp för obalanserad budgivning, vilket beskrivs närmare i avsnitt 5.4.

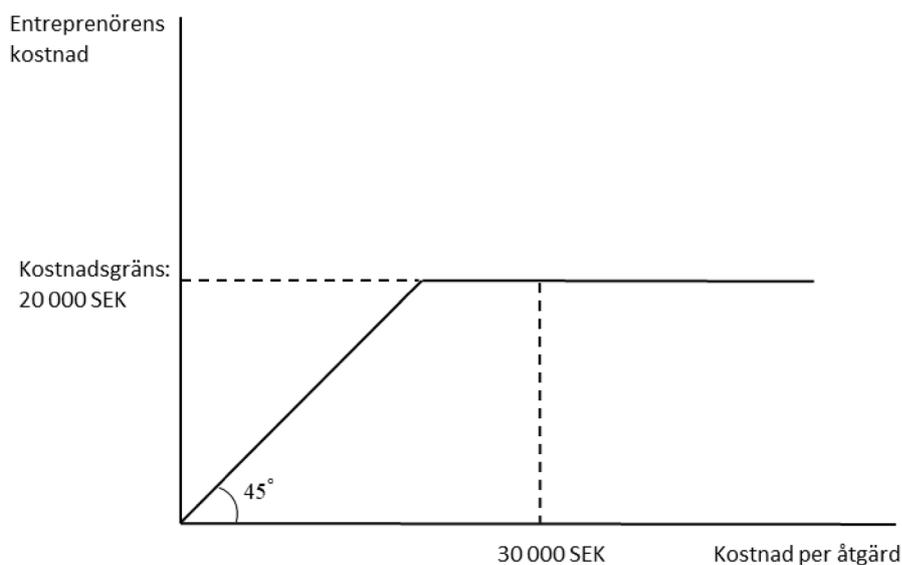
Hur risken mellan beställare och utförare fördelas och vilka effekter det får är något som bland annat Odolinski (2019) analyserar. Mer specifik studerar Odolinski hur olika ersättningsformer och

²⁸ Andra exempel på studier av tilldelningskriterier (inom upphandling av kollektivtrafik) är Ridderstedt och Pyddoke (2024) samt Ridderstedt (2023) som undersöker implementering av tilldelningsmekanismen 'bästa förhållande mellan pris och kvalitet' (BPK) av de regionala kollektivtrafikmyndigheterna och dess effektivitet. BPK är ett alternativ till tilldelningsmekanismen 'lägsta pris och högsta kvalitet' som är vanligt förekommande i svenska upphandlingar av kollektiv busstrafik men Ridderstedt (2023) visar att det finns stora skillnader i om och hur myndigheterna har implementerat denna mekanism samt att flera tillämpningar har icke-fördelaktiga och vissa oavsedda egenskaper.

²⁹ Den inledande beskrivningen av ersättningsformer baseras på Odolinski m.fl. (2023c).

³⁰ Det kan bli omförhandlingar av å-priset om den beräknade mängden avviker med mer än 25 procent och om detta motsvarar en ändring av minst 0,5% av kontraktssumman.

incitament i kontrakten för järnvägsunderhåll påverkar förekomsten av infrastrukturfel. Studien syftar specifikt till att ta fram ett empiriskt underlag för vilken effekt en ersättningsregel i underhållskontrakt har på antalet infrastrukturfel samt effekten av att incitamentsstrukturen har en tonvikt mot tåg förseningar, dvs. entreprenören ges starkare incitament att förebygga tåg förseningar. Den ersättningsregel som studeras innebär att risken för utföraren begränsas med avseende på kostnader för att avhjälpa fel. Mer specifikt har entreprenören ett kostnadsansvar för avhjälpande underhåll givet den fasta ersättning som specificerats i det vinnande anbudet (OR-mängd). Detta gäller upp till en viss kostnadsgräns för varje enskild åtgärd enligt en på förhand specificerad ersättningsregel. Kostnader för den överskjutande delen står Trafikverket för. Se Figur 1 för en illustration av ersättningsregeln. Denna gräns har varierat mellan olika kontrakt och därmed har riskfördelningen varierat. Ju högre risk entreprenören får bära, desto högre riskpremium i anbudet – detta behöver vägas mot de incitament som skapas när entreprenören har ett större kostnadsansvar (risk).



Figur 1. Grafisk illustration av entreprenörens ansvar för kostnader för felavhjälpning (baserad på Odolinski, 2019).

Odolinski (2019) använder tre olika ekonometriska modeller, en för att utvärdera ersättningsregeln och de andra två för att undersöka effekten av en incitamentsstruktur som är vinklad mot tåg förseningar. Estimering av modellerna visar att högre kostnadsgräns i ersättningsregeln innebär färre infrastrukturfel (starkare incitament att förebygga dessa). Resultaten visar också att incitamentsstrukturen i kontrakten minskar infrastrukturfel som orsakar tåg förseningar medan antalet övriga fel ökat. Odolinski anger att det behövs mer forskning på effekterna av en sådan omfördelning av resurser, speciellt utifrån ett livscykelkostnadsperspektiv.

Samma typ av ersättningsregel studeras i Odolinski m.fl. (2023a) som använder en överlevnadsmodell för att skatta hur ackumulerat tonnage påverkar förekomsten av underhållsåtgärder på växlar. Resultaten från överlevnadsmodellen kombineras med en livscykelkostnadsmodell för att analysera kostnaderna för underhåll, tåg förseningar och reinvesteringar. Det empiriska materialet består av ca 4 000 växlar som observeras mellan 2014–2018. Den beräknade effekten av ersättningsregeln visar hur mycket högre LCC som utförarens riskpremium får generera – via högre priser för åtgärder – för att gå jämnt ut med riskens (kostnadsansvarets) nyttoeffekt i form av färre avhjälpande åtgärder. Med andra ord redovisas LCC-resultat för olika ersättningsregler men med samma schablonpriser för åtgärder där ett högre kostnadsansvar via ersättningsregeln innebär lägre LCC givet samma åtgärdspriser – i verkligheten hade åtgärdspriserna sannolikt varit högre när kostnadsansvaret är högre (utförarens

riskpremium) och LCC-beräkningarna är en metod för att utvärdera hur mycket högre de får vara för att hamna på samma LCC i kontrakt där utföraren har ett lägre kostnadsansvar.

Lewis och Bajari (2014) analyserar huruvida tidsfrister och förseningsavgifter för överskridande av satta tidsgränser påverkar hur snabbt vägbyggnadsprojekt färdigställs och hur det påverkar arbetstakten. De modellerar denna typ av kontrakt genom att använda mikrodata för vägbyggnationer i Minnesota. Studien finner att entreprenörernas ansträngningsnivå justeras under projektet vid oförutsedda förändringar i produktivitet, så kallad ”ex post moral hazard”. Artikeln bygger sedan vidare på en ekonometrisk modell där pendlingsvälfärd och entreprenörskostnader används för att simulera hur de varierar beroende på olika villkor och förändringar. Resultaten av den ekonometriska simuleringen visar att välfärden skulle kunna öka med 22,5 procent av kontraktsvärdet vid användning av den mer effektiva kontraktsdesignen som tar hänsyn till trafikförseningar till följd av byggnadsarbeten, samtidigt som att risken för entreprenörerna (standardavvikelsen av entreprenörskostnaderna) endast skulle öka med mindre än 1 procent av värdet för kontraktet. Sammanfattningsvis visar studien på vikten av incitament för entreprenörerna att ändra sin arbetstakt vid oförutsedda negativa händelser. Eftersom moral hazard existerar krävs det incitament för att öka välfärden, och studien visar att detta påverkar entreprenörernas risk marginellt. Lewis och Bajari (2014) belyser slutligen att tidsincitament fungerar bäst vid en tydlig kontraktsdesign där oron för att kvalitén av arbetet ska påverkas är liten.

5.4. Obalanserade anbud

Obalanserade anbud nämns ofta som en potentiell orsak till kostnadsöverskridanden inom byggsektorn, inte minst för väg- och järnvägsunderhåll i Sverige (Riksrevisionen, 2019 och 2020). Obalanserade bud innebär mer specifikt å-priser som är höga för de mängder som entreprenören beräknar vara underskattade i mängdförteckningen och låga för mängder som beräknas vara överskattade.

Trafikverket (2020b) avsåg att undersöka omfattningen av obalanserade bud inom vägunderhåll och analyserade upphandlingar genomförda under 2019 och 2020.³¹ I rapporten anges att en stor majoritet av de vinnande anbuden innehöll prisavvikelser på omkring 100 procent jämfört med Trafikverkets beräknade priser i deras så kallade egenkalkyl. Via en enkätundersökning gjorde även Trafikverkets projektledare bedömningen att det i hög utsträckning förekommer obalanserad budgivning. Trafikverket (2021b) gjorde en liknande undersökning för järnväg.

Nilsson m.fl. (2021a – se sammanfattning av studien i avsnitt 6) påpekar att det inte går att enbart undersöka prisavvikelser. För att identifiera förekomsten av obalanserade bud krävs systematiska analyser av anbudspriser och skillnader i förspecifierade och avropade mängder. Trafikverkets kontraktsanalys för basunderhåll väg (Trafikverket, 2016a) anger (bland annat) att ett enhetligt mängduppföljningssystem behövs för intern uppföljning av kontrakt, något som resulterade i krav på mängduppföljning för kontrakt med start 1 september 2019 eller senare (Trafikverket 2020b).³² Motsvarande rapport för järnväg (Trafikverket, 2015) saknade denna typ av förslag. Odolinski m.fl. (2023c) föreslår att Trafikverket skapar denna typ av systematiska mängduppföljning för att utvärdera järnvägsunderhåll.

³¹ I analysen inkluderas kontrakt med start mellan 2015–2019, vilket omfattar totalt 86 kontrakt. Genom enkäter riktade till projektledare visar rapporten på att obalanserad budgivning förekommer i en omfattande mängd. Utifrån projektledarnas enkätsvar upplevs obalans i det vinnande anbudet i över 90 procent av de analyserade kontrakten.

³² Ett pågående forskningsprojekt använder denna mängduppföljning tillsammans med vinnande anbuds å-priser för att undersöka förekomsten och effekten av systematiskt obalanserade anbud i upphandling av vägunderhåll (TRV 2023/76784).

En studie som använder mängdavvikelser är Nyström och Wikström (2019). Studien använder data från Trafikverket för 15 svenska väginvesteringsprojekt mellan åren 2006 och 2010. I studien undersöks om och hur entreprenörerna utnyttjar felaktiga kvantitetsuppskattningar från beställaren (hypotesen är att entreprenören höjer priserna på underskattade mängder och sänker priserna på överskattade mängder). Resultaten från en ekonometrisk modell visar att obalanserad budgivning förekommer men författarna till studien anger att effekterna är blygsamma; ett flertal entreprenörer snedvrider sina anbud men storleken är inte omfattande.³³

³³ Ett par exempel på teoretiska analyser of obalanserade anbud är Mandell och Nyström (2013) och Nyström och Mandell (2019).

6. Uppföljning och lärande

I frånvaro av utarbetade processer för uppföljning och lärande finns det små möjligheter till kostnads kontroll som en del av verksamhetsutveckling. Bristen på uppföljning gällande kostnadsöverskridanden³⁴ är något som har varit föremål för en hel del studier och granskningar inom transportområdet.

Kostnadsöverskridanden inom vidmakthållande har studerats av Riksrevisionen (2019 och 2020). Dessa lägger en del vikt vid förekomsten av så kallad obalanserade anbud som en förklaring till kostnadsöverskridanden, vilket beskrevs närmare i avsnitt 5.4. Kostnadsöverskridanden inom underhåll har också Nilsson m.fl. (2019) studerat.³⁵ Studien syftar till att följa upp Trafikverkets entreprenadkontrakt och redovisar skillnader i pris mellan det som avtalats och slutpriset för projekt. Genom statistiska tester för 776 kontrakt från Trafikverkets egen databas undersöks eventuella förklaringar till dessa kostnadsavvikelser, där både kontrakt för väg och järnväg omfattas. Studien berör hur projektledarna förklarar kostnadsöverskridande och vilka rutiner som finns kring detta, vilket verkar innehålla flera oklarheter. Exempelvis verkar det finnas en otydlighet kring vad konsekvenserna blir för projektledarna vid kostnadsöverskridande (oklara incitament inom organisationen). Det saknas även tydlighet gällande rutiner för projektledarnas förklaringar till ökade kostnader och det är exempelvis oklart hur Trafikverket på en central nivå säkerställer att projektansvariga använder förklaringar till kostnadsöverskridanden på ett enhetligt sätt. Studien belyser sammanfattningsvis vikten av att i framtida studier utreda om utförande- kontra totalentreprenad samt fastprisersättning eller mängdbaserad ersättning påverkar risken för kostnadsöverskridande. Detta menar Nilsson m.fl. (2019) kan utredas först efter att en bättre kategorisering av utförda projekt möjliggörs genom insamling av kompletterande material. Det som framgår i studierna är att rigida eller inadekvata kontraktutformningar och anbuds förfaranden, brist på rutiner för planering som bygger på förstudier/information och diskrepans mellan vad som specificerats i avtal och det faktiska arbetet är centrala förhållanden som ligger till grund för kostnadsöverskridanden inom transportområdet.

Studien av Nilsson m.fl. (2018) syftar i huvudsak till att skapa en grund för att i framtiden kunna analysera Trafikverkets kostnader. Rapporten omfattar två delstudier som tillsammans ska möjliggöra att dels skapa tillförlitliga metoder för att identifiera olika förhållanden som Trafikverket kan påverka och som är av betydelse för kostnadseffektivitet, dels identifiera vad som kan minimera kostnaderna gällande upphandlingsprocess, kontrakt och ersättningsregler. Syftet med den första delstudien är att undersöka vilka faktorer som kan förklara kostnadsavvikelser mellan den kostnad som angivits i det

³⁴ Dvs. kostnadsökning från upphandlingstillfället. Denna typ av kostnadsöverskridande ska dock inte likställas med ineffektivitet eftersom överskridanden kan delvis bestå av en kostnadseffektiv riskfördelning där exempelvis beställaren har ett kostnadsansvar för en osäkerhet som utföraren har inga eller små möjligheter att påverka såsom brister i anläggningen som är ovanligt dyra att åtgärda (se avsnitt 5). Stora kostnadsöverskridanden jämfört med förväntad slutkostnad är däremot ett tecken på ineffektivitet.

³⁵ Det finns en omfattande litteratur om kostnadsöverskrivanden inom investeringar i transportinfrastruktur. Svenska exempel är Lind och Brunen (2015) och Nilsson (2022) där den senare genomför en empirisk undersökning av förfarandeprocessen vid konstruktionen av sju stora väg- och järnvägsprojekt i Sverige för att identifiera vilka faktorer som låg bakom stora kostnadsöverskridanden. Genomgången belyser tre centrala faktorer till projektens stora kostnadsöverskridanden, i) avsaknaden av stabil och tillförlitlig information kring historiska kostnader, ii) den konservativa syn som industrin har på förstudier och kontrakt design, samt iii) politisk bias i beslutsfattandet. Den tredje faktorn handlar om politiskt beslutsfattande kring investeringsprogram och prioriteringar över de kommande åren där politisk bias spelar roll för incitament att negligera kostnadernas betydelse; att presentera låga uppskattningar av kostnaderna innan programmet har fastställts är fördelaktigt både för beslutsfattare och infrastrukturförvaltare på regional nivå som förbereder kostnadsberäkningarna. Se Flyvbjerg m.fl. (2004; 2018) och Herrera m.fl. (2020) för internationella exempel.

tecknade kontraktet och slutkostnaden för ett projekt.³⁶ Upphandlade kontrakt avseende underhållsbeläggningar analyseras i den andra delstudien. Den fokuserar på beställarens kostnader där syftet är att skapa en fördjupad förståelse av vad som påverkar dessa.³⁷ Sammanfattningsvis pekar rapporten ut fyra krav som behövs för systematiska uppföljningar.

- 1) Kontraktets identitet ska kopplas automatiskt till kostnaderna för genomförandet som har registrerats i ekonomiredovisningssystemet.
- 2) Den information som finns i Trafikverkets databaser gällande anläggningens skick och egenskaper ska vara kopplade till varje kontrakt.
- 3) För uppföljning krävs det att all relevant information sparas digitalt.
- 4) Formen för redovisning bör från regioners och projektledares sida följa en gemensam modell gällande förfrågningsunderlag och kontrakt i syfte att möjliggöra att verksamheten går att sammanställa på ett nationellt enhetligt sätt.

Nilsson m.fl. (2021a) beskriver vikten av uppföljning i upphandling av beläggningsunderhåll. Syftet med rapporten är att skapa en ökad kunskap gällande kommuners beläggningsupphandlingar. Specifikt undersökts hur kommuners upphandling går till och hur den avropas. För att besvara studiens syfte skickades en enkät ut till Sveriges samtliga kommuner. Totalt svarade 54 kommuner där 38 av dessa svarade med den efterfrågade informationen. Studien pekar på att det finns kunskapskillnader mellan kommunerna och anbudföretagen där de sistnämnda har ett kunskapsövertag. Det insamlade materialet indikerar att strategisk budgivning förekommer, men att det utifrån materialet inte går att fastställa med säkerhet. Rapporten lyfter att det finns ett kunskapsgap gällande systematisk uppföljning för genomförd verksamhet.³⁸

Även i en internationell kontext finns det en brist på systematiska uppföljningar av infrastrukturkostnader, särskilt där effekter av olika val inom upphandling och kontraktsdesign ingår (Makovšek och Bridge, 2021). Bristen på systematisk uppföljning och insamling av information förhindrar jämförelser mellan olika val och strategier, men det finns exempel på initiativ hos offentliga infrastrukturbeställare för att skapa dessa systematiska jämförelser (se Infrastructure and Projects Authority, 2021).

Systematiska och kvantitativa uppföljningar kan dock sällan förklara alla kostnadsvariationer. Inom den ekonometriska ansatsen finns emellertid en så kallad stokastisk frontanalys som kan utreda i vilken mån kostnadsvariationer är slumpmässiga och i vilken mån de utgör systematiska skillnader mellan olika beslutsenheter och produktionsområden. Denna typ av effektivitetsjämförelser kan användas för att ställa krav på beslutsenheter att under nästkommande period uppnå bättre resultat men

³⁶ För att undersöka detta användes en ekonometrisk metod där data har sammanställts av Trafikverket från olika databaser. Analysen innefattar totalt 94 projekt mellan år 2013–2015 och avser både väg- och järnvägsprojekt. Resultatet från den första delstudien visar att det finns två entreprenadföretag varav det ena har signifikant högre kostnadsöverskridande än det genomsnittliga, medan det andra har ett kostnadsöverskridande som är lägre än 17 procent. Ytterligare ett resultat är att det finns särskilda aktiviteter som medför högre respektive lägre kostnadsöverskridande i ett projekt.

³⁷ Delstudien använder en ekonometrisk metod där antal kontrakt för varma beläggningar uppgår till 293 och för kalla beläggningar 148. Analysen omfattar åren 2012–2015 och tar inte hänsyn till slutkostnaderna utan endast de som regleras i kontrakten. Resultatet från den andra delstudien pekar på positiva effekter på både kostnad och konkurrens av ökad storlek på kontrakt. Enligt analysen lämnas fler anbud på projekten desto större projektet är samt att det finns tydliga stordriftsfördelar.

³⁸ Se också Nilsson m.fl. (2021b) som är en omfattande rapport om behovet av data för att följa upp effektivitet, produktivitet och innovationer i anläggningssektorn. I rapporten används en sammanställning information om kontrakt från Trafikverkets olika databaser för att kunna analysera kostnader för olika kontrakt och även kostnadsavvikelser. Genom att göra detta bidrar rapporten med exempel på hur en enhetlig uppföljning och analys av tillgänglig information om kontrakt kan bidra till vidareutveckling av verksamheten.

kan även användas i utredningar om vad som orsakar dessa skillnader i effektivitet. Det finns en omfattande litteratur som gör denna typ av jämförelser inom transportområdet (se Wheat m.fl., 2021, men även de teoretiska beskrivningarna i Kumbhakar och Knox Lovell, 2000, eller Coelli m.fl., 2005).

Smith m.fl. (2023b) undersöker hur kontrakt specificeras av ingenjörer hos Trafikverket och huruvida det kan leda till ineffektivitet. Artikeln har ett projektperspektiv och använder stokastisk frontanalys för att jämföra kostnadseffektivitet i upphandlingen av vägunderhåll i Sverige. Den data som används omfattar åren 2012–2015 och består av 233 vägunderhållskontrakt som upphandlats av Trafikverket. Fokus ligger på om effektivitetsskillnader kan förklaras av vilken ingenjörer inom Trafikverket som har specificerat arbeten och kvantiteter i upphandlingen. Resultatet visar att det finns signifikanta skillnader i effektivitet. I de fall alla ingenjörer skulle kunna prestera på samma nivå som den bästa skulle det innebära att Trafikverket skulle kunna spara kostnader på 40 miljoner euro per år, motsvarande 20 procent av den totala budgeten för vägunderhåll.³⁹ Det bör nämnas att det är kostnader enligt anbud (*ex ante*) som analyseras, inte kostnadsutfall (*ex post*).

Även om det tas fram kunskap om effektivitetsskillnader och orsaker till dessa är det inte säkert att denna kunskap sprids och används inom en organisation, dvs. att det finns ett lärande.⁴⁰ Fenomenet med ihållande effektivitetsskillnader mellan till synes lika beslutsenheter / företag är något som beskrivs av Gibbons och Hendersson (2013) som också beskriver potentiella orsaker till detta fenomen. Förklaringarna är skillnader i uppfattning, problem med inspiration, motivation och implementering. Mer specifikt innebär det att chefer inte vet om att deras beslutsenhet är ineffektiv (uppfattning), de vet inte vad som behöver göras för att minska effektivitetsskillnader (inspiration), de har inte tillräckliga incitament att ta fram och genomföra nödvändiga förändringar (motivation) och att chefer har svårigheter att implementera förändringar (implementering).

³⁹ Ytterligare ett resultat av studien visar på stordriftsfördelar som innebär att det finns möjlighet till kostnadsbesparingar även genom att sammanslå fler projekt i ett större kontrakt.

⁴⁰ Se Andersson m.fl. (2018) och Eliasson och Lundberg (2012) för exempel på studier som analyserar (bristen på) användningen av samhällsekonomiska kalkyler vid investeringar i transportinfrastruktur.

7. Forsknings- och kunskapsmiljöer

Det finns en rad olika forsknings- och kunskapsmiljöer i Sverige som analyserar frågor kopplade till vidmakthållande åtgärder av vägar och järnvägar. Följande är några exempel.

- Chalmers Tekniska Högskola (CTH), institutionerna Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Teknikens ekonomi och organisation. Exempel på centrum är Chalmers järnvägsmekanikcentrum (Charmec).
- Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Skolan för Arkitektur och samhällsbyggnad (ABE) och Industriell teknik och management (ITM).
- Luleå Tekniska Universitet (LTU), framför allt avdelningen Drift och Underhållsteknik. Exempel på centrum är Järnvägstekniskt Centrum (JVTC).
- Lunds Tekniska Högskola (LTH), framför allt institutionen för Teknik och samhälle. Exempel på centrum är Kompetenscentrum vägteknik där även KTH, CTH, LTU och Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) deltar. Centrumet finansieras av Trafikverket.
- Procurement for Sustainable Innovation in the Built Environment (ProcSIBE). Ett nationellt forskarnätverk där medverkande lärosäten är CTH, Karlstad Universitet, KTH, LTU och LTH.
- Research Institutes of Sweden (RISE).
- Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI), framför allt avdelningarna Samhälle, miljö, och transporter (SAMT) och Infrastruktur (INFRA).

Utöver de ovannämnda miljöerna finns det fler miljöer som exempelvis forskar inom upphandling och kontraktsdesign som har mer eller mindre direkt bäring på infrastrukturbeställarens kostnadskontroll. Det finns även forskningsprogram som fokuserar på infrastrukturens vidmakthållande. Följande är några exempel.

- Mistra InfraMaint. Fokuserar på kommunala processer och kommunal organisation. Finansieras av Mistra Stiftelsen för miljöstrategisk forskning.
- InfraSweden. Ett så kallat Strategiskt innovationsprogram som får stöd från Vinnova, Energimyndigheten och Formas.
- Kapacitet i Järnvägstrafiken KAJT. Syftar till att förstärka järnvägssystemets förmåga att tillgodose samhällets transportbehov. Samarbete mellan Trafikverket, forskarutförare och näringsliv.
- Branschsamverkan i grunden, BIG. Forskningsprogram med fokus på geoteknik för väg och järnväg. Målsättningen är att sänka kostnader för investering och underhåll av transportsystemets infrastruktur. Parter är Chalmers Tekniska Högskola, Luleå Tekniska Universitet, Statens Geotekniska Institut, Kungliga Tekniska Högskolan och Trafikverket.

Trafikverkets finansiering av forskning kring vidmakthållande av vägar och järnvägar ryms framför allt inom FoI-portföljen Vidmakthålla vars tema sammanfattas av Trafikverket (2023b, s. 15) som ”utveckling av ett modernt och hållbart väg- och järnvägssystem samt effektivisering av underhållet”. Portföljen är indelad i sex målområden: 1) Ökad kunskap om anläggningarnas tillstånd; 2) Ökad hänsyn till miljö, hälsa och klimat; 3) Effektivare underhållsplanering; 4) Utvecklade beställarroll och offentliga affärer som strategiskt utvecklingsverktyg; 5) Modernt och effektivt väg- och järnvägssystem, förbättrat systemperspektiv; 6) Säkerhet och trafiksäkert underhåll.

8. Diskussion

En viktig grund för kostnadskontroll består av uppdaterad kunskap om styckkostnader för åtgärder⁴¹ och händelser (exempelvis kostnader för trafikstörningar) och effektsamband för hur dessa kostnader utvecklas givet olika scenarier för att prioritera mellan olika vidmakthållande åtgärder.

Kunskapsöversikten visar att det finns ett behov av mer kunskap om hur rätt åtgärder ska identifieras och prioriteras utifrån det transportpolitiska målet och därmed ge bättre kostnadskontroll. Samtidigt har Trafikverket genomfört analyser för att indikera behovet av medel till vidmakthållande åtgärder inför transportinfrastrukturplaneringen för perioderna 2022–2033 och 2022–2037 (Trafikverket, 2020d), samt infört förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022–2033 (Trafikverket, 2021c).⁴² Utgångspunkter för behovsanalyserna är att underhållskostnaderna behöver optimeras under anläggningarnas livscykel med hänsyn till transportpolitiska mål och de ”aktuella samhällsutmaningarna” (Trafikverket, 2020d). I detta ingår att en viss funktionalitet ska upprätthållas som rör beslutad största tillåtna axellast (STAX), största tillåtna vikt per meter (STVM), lastprofil och största tillåtna hastighet (STH). Trafikverket (2021c) genomför bedömningar av kostnader för vidmakthållande åtgärder för en viss funktionalitet på väg- och järnvägsnätet.⁴³ Dessa bedömningar behöver kunskap om effektsamband mellan underhållsåtgärder och anläggningens tillstånd, en kunskap som till viss del saknas, framför allt för järnvägen.

Hur påverkas investeringskalkylerna av att det finns en brist på verifierad kunskap om samhällsekonomiska effekter av olika åtgärder för att vidmakthålla vägar och järnvägar? Om kunskap om rätt vidmakthållande åtgärd i rätt tid omsätts i praktiken kommer investeringar i väg- och järnvägsinfrastruktur även att få bättre samhällsekonomisk lönsamhet, allt annat lika. Anledningen är att en investeringskalkyl ska innehålla löpande samhällsekonomiska kostnader för vidmakthållande åtgärder där rätt åtgärd i rätt tid per definition minimerar dessa kostnader. Prioriteringen av investeringar inom och mellan infrastrukturslag kan även påverkas av i vilken grad denna kunskap finns och används.

Litteraturgenomgången visar att det finns ett behov av kostnadsinformation för att korrekt utforma effektsamband. Ett av dessa samband beskriver hur trafik påverkar kostnader för underhåll. Exempelvis används dessa samband i en så kallad tonnagereglering i kontrakt för järnvägsunderhåll. Det är ett sätt för beställaren att skydda utföraren från risken för kostnadsökningar orsakade av trafikförändringar. De samband som används i Trafikverkets tonnagereglering kommer från Wheat m.fl. (2009) som analyserar situationen i ett antal europeiska länder och där svenska data från åren 1999 till 2002 utgjorde en delmängd. Det finns skäl att uppdatera dessa samband (kostnadselasticiteter) och utgå från enbart svenska förhållanden, samt undersöka om dessa varierar med avseende på typ av trafik, åtminstone mellan resande- och godståg. Det kan även finnas områdesspecifika faktorer som gör att sambanden varierar. Generellt bör en tonnagereglering reflektera verkliga kostnadsförändringar för att åstadkomma en bättre kostnadskontroll.

⁴¹ Givet att åtgärder upphandlas bör det poängteras att kostnader behöver komma från kontraktutfall; ex ante kostnader från (övriga) anbud ska inte ingå.

⁴² Ett tidigare exempel är beräkningarna som beskrivs i Trafikverket (2016b). Dessa genomfördes för att belysa konsekvenserna av minskat underhåll och består av en övergripande uppskattning av de trafikala kostnader som minskat underhåll på järnväg (bantyp 4 och 5) och lågtrafikerad väg skulle resultera i. Det anges att räkneexemplen var mycket förenklade och var tänkta att användas i övergripande diskussioner om minskat underhåll.

⁴³ Identifiering och prioritering av vidmakthållande åtgärder behöver därmed förhålla sig till en viss funktionalitet. Funktionaliteten bör bestämmas utifrån en samhällsekonomisk analys likt de kalkyler som görs för investeringar i infrastrukturen. Likaså bör samhällsekonomiska utvärderingar av funktionaliteten genomföras vid större förändringar i förutsättningar, exempelvis trafikförändringar, som kan påverka effektiviteten i gällande nivå på anläggningens funktion.

Kostnadsstrukturen är ofta sådan att det är effektivare med stordrift där (delar av) verksamheten antingen bedrivs i egen regi eller upphandlas i konkurrens. I det senare fallet får den vinnande entreprenören ett tillfälligt monopol på produktionen av vidmakthållande åtgärder inom ett geografiskt område. Att välja rätt storlek på de områden som upphandlas, eller rätt paketering av arbeten i upphandling är något som påverkar produktiviteten. Studier som har analyserat stordriftsfördelar inom väg- och järnvägsunderhåll indikerar att dessa inte har utnyttjats fullt ut. Att beställaren förändrar storleken på området är dock inte det enda alternativet. Det finns en litteratur som beskriver kombinatorisk anbudsgivning som innebär att marknaden hittar de stordriftsfördelar som kan utnyttjas i stället för beställaren, varav en studie (Lunander och Lundberg, 2012b) analyserar hur Vägverket använde denna typ av upphandling. Även Trafikverkets rutinbeskrivning (2020c) anger att denna typ av upphandling bör övervägas som en utvecklingsfrämjande åtgärd.

Det finns ett ömsesidigt beroende mellan produktionskostnader för vidmakthållande åtgärder och entreprenörernas kostnader för verksamheten. Det är därför nödvändigt att förlägga arbeten som förutsätter att banan stängs med hänsyn till den trafik som påverkas för att åstadkomma en välfärdsmaximerande balans. Denna fråga har särskilt uppmärksammats inom järnväg, där Trafikverket har introducerat så kallade servicefönster i syfte att ge underhållsentreprenörerna längre sammanhängande tider i spår (bidrar till effektivare underhåll) och ge tågbolagen bättre förutsägbarhet. Studier på området indikerar att det finns en outnyttjad potential i användningen av underhållsfönster och ett behov av att ytterligare optimera detta som ett tillvägagångssätt vid underhållsarbete. Ett sätt att skapa ett effektivare nyttjande av infrastrukturen (tider i spår och i vägbanan) är ta fram kunskap om hur upphandling och kontraktsdesign bör utformas för att ge incitament till och skapa en bättre avvägning mellan produktionskostnader och tidskostnader samt andra typer av externa kostnader.

Kunskap om rätt åtgärder i rätt tid behöver omsättas i praktiken och ge möjligheter till innovationer och produktivetsförbättringar. I Sverige har man valt att upphandla vidmakthållande åtgärder i konkurrens, vilket innebär att Trafikverket som beställare bland annat behöver skapa väl avvägda incitament hos utförare och hantera osäkerheter i verksamheten, något som påverkar kostnadernas utveckling och är därmed en viktig del i kostnadskontrollen. Exempelvis används en indexreglering för ökade priser på insatsvaror som utförarna inte kan påverka, vilket är ett sätt att överföra risk från utföraren till beställaren. Denna riskfördelning är inte bara av godo eftersom det tar bort incitament hos entreprenören att hitta alternativa insatsvaror eller metoder som minskar användningen av de dyrare insatsvarorna. Ett liknande incitamentsproblem finns när Trafikverket bekostar en del av det material som används inom järnvägsunderhåll, dvs. utförarna tar inte hänsyn till denna kostnad när de väljer typ av åtgärd.

Val av entreprenadform är ett viktigt första steg i upphandlingen där Trafikverket har en rad olika typentreprenader inom huvudgrupperna Totalentreprenad och Utförandentreprenad. Inom dessa finns olika former av samverkan, något som har analyserats kvalitativt. En gemensam nämnare i denna kvalitativa litteratur är diskussioner kring behovet av flexibilitet i kontrakten för att ge entreprenören möjligheter att skapa innovativa lösningar. Det saknas emellertid kvantitativa uppföljningar av hur olika entreprenad- och samverkansformer påverkar effektiviteten i infrastrukturens vidmakthållande.

Som beskrivits tidigare handlar kostnadskontroll om både kostnader för produktion och andra samhällsekonomiska kostnader. Ett exempel på ett tänkbart resultat av analysen är att det finns skäl att öka kostnaden för produktion för att sänka de andra kostnadstyperna, vilket är motiverat om den totala samhällskostnaden blir lägre. Upphandlingsförfarandet är viktigt för avvägningen mellan olika kostnader och kan användas för att hitta en välfärdsmaximerande balans, men kan även ge utrymme för nya lösningar som innebär ökad produktivitet. Detta framgår tydligt i den litteratur som söker skapa incitament till en välfärdsmaximerande balans mellan produktionskostnader för vidmakthållande åtgärder och infrastrukturansvärdarnas (tids)kostnader – se exempelvis Nyström m.fl. (2019), Nilsson m.fl. (2023) och litteraturgenomgången i Fukushima m.fl. (2022). Något som saknas

är utvärderingar av genomförda upphandlingar av vidmakthållande åtgärder i Sverige som har inkluderat den typ av mekanism som föreslås i litteraturen.

Det finns en välutvecklad teori kring effekter av olika val inom industriell organisering, upphandling och kontraktutformning, och det finns en rad exempel på kvalitativa uppföljningar och analyser av kontrakt för väg- och järnvägsunderhåll i Sverige. Detta behöver kompletteras med empiriska uppföljningar och utvärderingar. Kunskapsöversikten indikerar att det finns en bristande uppföljning av slutkostnader för olika infrastrukturåtgärder, både i Sverige och internationellt, inte minst på en disaggregerad nivå där det är möjligt att följa upp utförda åtgärder och dess kostnader inom underhållskontrakt. Denna information behöver sammankopplas med information om produktionsförutsättningar (exempelvis anläggningsmassa, platsspecifika förutsättningar, anläggningens tillstånd, trafik) upphandlingsförfaranden och andra val som har gjorts inom och utanför organisationen.

Utan en systematisk uppföljning och sammanställning av information är det inte möjligt att jämföra och utvärdera olika val (än mindre etablera kausala samband), både vad gäller att identifiera och prioritera åtgärder, val av industriell organisering samt upphandling och kontraktsgestaltning. En uppföljning som är transparent, där data och modellberäkningar finns allmänt tillgängliga, ger goda förutsättningar för att skapa ett lärande och förändringar som ökar kostnadskontrollen. Förutom att ta fram nödvändiga effektsamband till samhällsekonomiska kalkyler och LCC-modeller eller utvärdera olika val, kan dessa data användas för att analysera systematiska effektivitetsskillnader mellan olika beslutsenheter följt av mer djupgående analyser för att hitta förklaringar till (åtminstone delar av) dessa skillnader.⁴⁴ Enligt Gibbons och Henderssons (2013) lista på orsaker till långvariga effektivitetsskillnader är nästa steg att se till att information om dessa skillnader når och uppfattas av de aktörer som har möjlighet att påverka verksamheten. Dessutom behövs praktisk kunskap om vad som behöver göras för att genomföra åtgärder som får en effekt, men även rätt incitamentsstrukturer inom organisationen för att den praktiska kunskapen ska tas fram och användas.⁴⁵ Därutöver behövs praktiska möjligheter att genomföra förändringarna. Återigen, en grundförutsättning för ovanstående är att det finns ett transparent och systematiskt sammanställt underlag som kan användas för att följa upp, utvärdera och, vid behov, förändra.

⁴⁴ Som beskrivs i avsnitt 6 finns det metoder för att separera systematiska skillnader i effektivitet (som inte kan förklaras av de ingående variablerna i modellen) från slumpmässiga variationer.

⁴⁵ Ett generellt exempel på vad som kan göras för att minska effektivitetsskillnader är att införa någon form av *benchmarking* / *yardstick competition* där incitament ges i form av belöningar baserat på den relativa effektiviteten mellan beslutsenheter. Detta är dock inte helt okomplicerat och kan ge oönskade effekter – se exempelvis Hartmann och Schreck (2018) för en genomgång.

9. Slutsatser

Kunskapsöversikten visar att det bedrivs en bred forskning inom vidmakthållande av vägar och järnvägar. Forskningen kan delas in i olika områden med avseende på de processer som påverkar Trafikverkets kostnadskontroll. Den kunskap som har identifierats som viktig för kostnadskontroll har i rapporten delats in i följande områden.

- a) Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder;
- b) industriell organisation;
- c) upphandling och kontraktsdesign;
- d) uppföljning och lärande.

Kalkylmetoder såsom LCC-analyser är ett centralt underlag för att **identifiera och prioritera åtgärder**. Mer specifikt kan de effektsamband som krävs för LCC-beräkningar användas för att prediktera kostnader och därmed skapa möjligheter att identifiera och prioritera rätt åtgärder utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv. Litteraturgenomgången visar att LCC-metodikerna är välutvecklade och att det finns LCC-metoder som kan och har applicerats på svensk väg- och järnvägsinfrastruktur. Studierna är dock oftast fokuserade på att ta fram ramverk för LCC-analyserna för att sedan applicera detta på någon fallstudie, dvs. en specifik del av transportinfrastrukturen. För dessa delar ingår ofta effektsamband för specifika situationer med avseende på trafikering, infrastruktur och underhållsalternativ. Dessa samband är därmed inte representativa för alla de olika scenarier som infrastrukturförvaltare har att ta ställning till vid beslut om vidmakthållande åtgärder. Det som saknas är möjligheten att generalisera effektsamband för representativa scenarier inom den svenska väg- och järnvägsinfrastrukturen – till detta behövs även kunskap om uppdaterade styckkostnader för åtgärder och händelser, något som finns i Trafikverkets ASEK-rapport (Trafikverket, 2023a) men som skulle behöva tas fram på en mer disaggregerad nivå för att ge ett öppet och transparent underlag som kan användas i LCC-analyser av vidmakthållande åtgärder.

Ett viktigt steg är att ta fram effektsamband för löpande samhällsekonomiska kostnader under en anläggnings livscykel för att fatta beslut om reinvesteringstidpunkt. Dessa effektsamband behöver tas fram för ett representativt urval av scenarier bestående av infrastrukturstandard och (förväntad) trafikering. Ytterligare kostnadskontroll och kostnadsbesparingar kan åstadkommas när det finns effektsamband för olika mix av underhållsåtgärder för olika scenarier; rätt underhållsåtgärd vid rätt tidpunkt innebär att reinvesteringen kan senareläggas och därmed minskar anläggningens LCC.

Det finns en omfattande litteratur som beskriver effekter av olika val kring hur transportinfrastruktur styrs och regleras, dvs. den **industriella organisationen** av verksamheten. Dessa beslut behöver också baseras på empiriska kostnadsjämförelser för samma verksamhet över tid och/eller för samma aktivitet i organisationens olika delar. Med stöd av sådan information är det möjligt att identifiera trender och också skillnader mellan organisationens olika delar som kan spridas och läggas till grund för åtgärder för att stärka kostnadseffektiviteten, dvs. att bidra till att kostnader inte är högre än nödvändigt. Beroende på vilken form för organisation etc. som väljs kan således de kostnader som ska ligga till grund för framtida beslut komma att vara olika höga.

Kunskapsöversikten visar att det finns ett behov av att analysera olika val inom **upphandling och kontraktsdesign**, exempelvis hur olika ersättningsformer och dess konsekvenser för riskhantering påverkar LCC-kostnader för anläggningar. Några studier har analyserat konsekvenser av olika ersättningsgränser i underhållskontrakt för järnväg, men behovet av tillämpbar kunskap inom området är stort. Generellt finns det stora skillnader mellan olika projekt för vidmakthållande som gör upphandlingarna komplexa. Hur effektiviteten i olika upphandlingsförfaranden och kontraktsdesign varierar med avseende på olika produktionsförutsättningar kan emellertid studeras och det finns goda möjligheter att identifiera orsakssamband, särskilt då Trafikverket har genomfört en hel del förändringar i upphandlingen av vidmakthållande åtgärder. Det finns även behov av systematiska

analyser kring förekomsten av obalanserade anbud inom väg- och järnvägsunderhåll. Resultat från dessa kan användas för att begränsa obalanserade bud. Den viktigaste åtgärden är emellertid att Trafikverket som beställare blir bättre på att uppskatta behovet av R-mängder, något som kräver systematisk uppföljning av beräknat behov och avropade mängder där samband tas fram för att bättre prediktera det verkliga behovet.

Huvudsyftet med **uppföljningar** är att lägga grunden för att i framtiden fatta bättre beslut om utformning av, och val mellan olika åtgärder. En återkommande observation är den låga förekomsten av jämförelser av förväntade slutkostnader och faktiska slutkostnader och analyser av förklaringar till sådana avvikelser. Den omfattande bristen på kunskap om slutliga kostnader i förhållande till de kostnadsbedömningar som görs inför upphandlingar försvårar möjligheterna att bygga en lärande organisation.

Sammanfattningsvis finns det ett kunskapsbehov inom alla de områden som har identifierats som viktiga för kostnadskontroll, där ett viktigt steg för att förbättra kunskapsläget är att skapa systematisk sammanställning av information på mikronivå som kan möjliggöra uppföljning, utvärdering och förändring. Man kan fråga sig var kunskapsbehovet är störst, en fråga som behöver besvaras utifrån vad som kan tänkas ge störst samhällsekonomisk nytta per satsad krona. Empiriska och kvantitativa utvärderingar av upphandling och kontraktsdesign är en slutsats som ligger nära till hands givet dess grundläggande påverkan på samhällsekonomiska kostnader och kunskapsöversiktens indikationer på ett stort kunskapsgap, både i Sverige och internationellt.

Kunskapsöversikten visar att forskningen som rör kostnadskontroll av vidmakthållande av vägar och järnvägar spänner över en rad olika områden. Den kunskapsöversikt som tagits fram är därför just översiktlig och har inte gått ned på djupet inom respektive område. Det är föremål för framtida utredningar.

Referenser

- Ait-Ali, A., Lidén, T., 2022. Minimal utilization rate for railway maintenance windows: a cost-benefit approach. *EJTIR*, 22(2), 108–131. DOI: <https://doi.org/10.18757/ejtir.2022.22.2.6130>
- Ait-Ali, A., Odolinski, K., Pålsson, B., Torstensson, P., 2023. Evaluating the mix of maintenance activities on railway crossings with respect to life-cycle costs. VTI Working Paper, 2023:6.
- Al-Douri, Y.K., Tretten, P., Karim, R., 2016. Improvement of railway performance: a study of Swedish railway infrastructure. *Journal of modern transportation*, 24(1), 22–37. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40534-015-0092-0>
- Andersson, H., Hultkrantz, L., Lindberg, G., Nilsson, J-E., 2018. Economic Analysis and Investment Priorities in Sweden's Transport Sector. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 9(1), 120–146. DOI: <https://doi.org/10.1017/bca.2018.3>
- Andersson, M., 2008. Marginal railway infrastructure costs in a dynamic context. *EJTIR* 8, 268–286. DOI: <https://doi.org/10.18757/ejtir.2008.8.4.3357>
- Andersson, M., Björklund, G., Haraldsson, M., 2016. Marginal railway track renewal costs: A survival approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 87, 68–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.02.009>
- Andersson, M., Nyström, J., Odolinski, K., Wieweg, L., Wikberg, Å., 2011. Strategi för utveckling av en samhällsekonomisk analysmodell för drift, underhåll, och reinvestering av väg- och järnvägsinfrastruktur. VTI rapport 706.
- AzariJafari, H., Yahia, A., Ben Amor, M., 2016. Life cycle assessment of pavements: reviewing research challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 112(4), 2187–2197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.080>
- Babashamsi, P., Yusoff, N.I.M., Ceylan, H., Nor, N.G.M., Jenatabadi, H.S., 2016. Evaluation of pavement life cycle cost analysis: Review and analysis. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 9, 241–254. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijprt.2016.08.004>
- Biancardo, S. A., Gesualdi, M., Savastano, D., Intignano, M., Henke, I., Pagliara, F., 2023. An innovative framework for integrating Cost-Benefit Analysis (CBA) within Building Information Modeling (BIM). *Socio-Economic Planning Sciences*, 85, 101495. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101495>
- Cabinet Office, 2021. Guide to functional standards. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/guide-to-functional-standards/guide-to-functional-standards> (Hämtat 2023-12-05).
- Calle-Cordón, Á., Jiménez-Redondo, N., Morales-Gámiz F. J., García-Villena, F.A., Garmabaki, A.H.S., Odelius, J., 2017. Integration of RAMS in LCC analysis for linear transport infrastructures. A case study for railways. *Materials Science and Engineering*, 236, 012106, DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/236/1/012106>
- Caves, D.W., Christensen, L.R., Swanson, J.A., 1981. Productivity growth, scale economies, and capacity utilisation in U.S. Railroads, 1955–74. *American Economic Review*, 71(5), 994–1002.
- Caves, D.W., Christensen, L.R., Tretheway, M.W., 1984. Economies of density versus economies of scale: why trunk and local service airline costs differ. *The RAND Journal of Economics*, 15(4), 471–489. DOI: <https://doi.org/10.2307/2555519>
- Charoenwong, C., Connolly, D.P., Odolinski, K., Alves Costa, P., Galvín, P., Smith, A., 2022. The effect of rolling stock characteristics on differential railway track settlement: An engineering-

- economic model. *Transportation Geotechnics*, 37, 100845. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2022.100845>
- Coelli, T.J., Prasada Rao, D.S., O'Donnell, C.J., Battese, G.E., 2005. An introduction to efficiency and productivity analysis. Second Edition. Springer.
- Cowie, J., Loynes, S., 2012. An assessment of cost management regimes in British rail infrastructure provision. *Transportation*, 39, 1281–1299. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11116-012-9389-6>
- De Silva, D.G., Kosmopoulou, G., Lamarche, C., 2009. The effect of information on the bidding and survival of entrants in procurement auctions. *Journal of Public Economics*, 93 (1–2) 56–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2008.05.001>
- Eliasson, J., Lundberg, M., 2012. Do Cost–Benefit Analyses Influence Transport Investment Decisions? Experiences from the Swedish Transport Investment Plan 2010–21. *Transport Reviews*, 32(1), 29–48. DOI: <https://doi.org/10.1080/01441647.2011.582541>
- Ellis, R.D., Herbsman, Z.J., 1990. Cost-time bidding concept: an innovative approach. *Transportation Research Record*, 1282, 89–94.
- Flyvbjerg, B., Ansar, A., Budzier, A., Buhl, S., Cantarelli, C., Garbuio, M., Glenting, C., Skamris Holm, M., Lovallo, D., Lunn, D., Molin, E., Rønne, A., Stewart, A., van Wee, B., 2018. Five things you should know about cost overrun. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 174–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.07.013>
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M.K., Buhl, S. L. 2004. What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 24(1), 3–18. DOI: <https://doi.org/10.1080/0144164032000080494a>
- Fukushima, N., Ridderstedt, I., Bondemark, A., 2022. Internalizing social costs in public procurement of road maintenance. [Opublicerat manuskript]
- Galar, D., Sandborn, P., Kumar, U., 2017. Maintenance costs and life cycle cost analysis. CRC Press Taylor and Francis Group.
- Gaudry, M., Lapeyre, B., Quinet, É., 2016. Infrastructure maintenance, regeneration and service quality economics: A rail example. *Transportation Research Part B*, 86, 181–210. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2016.01.015>
- Gibbons, R., Hendersson, 2013. What Do Managers Do? Exploring Persistent Performance Differences among Seemingly Similar Enterprises. In Gibbons, R., Roberts, J., (Eds), *Handbook of organizational economics*. Princeton University Press, Ch. 17, 680–731. DOI: <https://doi.org/10.1515/9781400845354>
- Giunta, M., Praticò, F.G., 2017. Design and maintenance of high-speed rail tracks: A comparison between ballasted and ballast-less solutions based on life cycle cost analysis. *Transport Infrastructure and Systems – Dell'Acqua & Wegman* (Eds). Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-03009-1.
- Goree, J.K., Offerman, T., 2003. Competitive bidding in auctions with private and common values. *The Economic Journal*, 113, 598–613. DOI: <https://doi.org/10.1111/1468-0297.t01-1-00142>
- Government Commercial Function, 2021a. Delivery model assessments: guidance note. May 2021.
- Government Commercial Function, 2021b. Should cost modelling: guidance note. May 2021.
- H-Nia S., Ait-Ali, A., Odolinski, K., Torstensson, P., 2023b. Simulation-based evaluation of maintenance strategies using look-up tables, The 28th IAVSD International Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks, August 21-25, 2023, Ottawa, Canada. [Opublicerat manuskript]

- H-Nia, S., Krishna, V. V., Odolinski, K., Torstensson, P. T., Ait-Ali, A., Sundholm, L., Larsson Kråik, P-O., Stichel, S. (2023a) Simulation-based evaluation of maintenance strategies from a life cycle cost perspective. *Wear*, 532–533, 205120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2023.205120>
- Haraldsson, M., 2007. Essays on Transport Economics. Department of Economics, Uppsala University. Economic Studies 104.
- Hart, O., Shleifer, A., Vishny, R., W., 1997. The proper scope of government: theory and an application to prisons. *The Quarterly Journal of Economics*, 112(4), 1127–1161. DOI: <https://doi.org/10.1162/003355300555448>
- Hartmann, F., Schreck, P., 2018. Rankings, Performance, and Sabotage: The Moderating Effects of Target Setting. *European Accounting Review*, 27(2), 363–382, DOI: <https://doi.org/10.1080/09638180.2016.1244015>
- Herbsman, Z.J., Chen, W.T, Epstein, W.C., 1995. Time is money: Innovative contracting methods in highway construction. *Journal of construction engineering*, 121(3), 273–281. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1995\)121:3\(273\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1995)121:3(273))
- Herrera, R.F., Sánchez, O., Castañeda, Porras, H., 2020. Cost Overrun Causative Factors in Road Infrastructure Projects: A Frequency and Importance Analysis. *Applied Sciences*, 10(16), 5506. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10165506>
- HM Government, 2022. Government Functional Standard GovS 008: Commercial. Version 2.1. Date issued: 20 May 2022.
- HM Government, 2023. Sourcing Playbook. Government guidance on service delivery, including outsourcing, insourcing, mixed economy sourcing and contracting. June 2023.
- Infrastructure and Projects Authority, 2021. Best Practice in Benchmarking: Government Project Delivery Framework. Reporting to Cabinet Office and HM Treasury. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/best-practice-in-benchmarking> (Hämtat 2023-12-07)
- ISTED, 2002. La Lettre de I’STED, N26, October 2002.
- Ivina, D., Palmqvist, C-W., 2023. Railway maintenance windows: Discrepancies between planning and practice in Sweden. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 22, 100927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100927>
- Johansson, P., Nilsson, J.-E., 2004. An economic analysis of track maintenance costs. *Transport Policy*, 11, 277–286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2003.12.002>
- Kadefors, A., Hedborg, S., Nilsson-Vestola, E., Eriksson, P-E., 2023. Samverkan Hög inom väg-och järnvägsunderhåll-uppföljning av tidiga skeden i tre pilotkontrakt. Rapport delstudie 2 i forskningsprojektet ”Uppföljning och utvärdering av Samverkan Hög piloter baskontrakt väg och järnväg”.
- Karrbom Gustavsson, T., Eriksson, P-E., Kadefors, A., 2022. Samverkan Hög i Trafikverkets Baskontrakt för väg- och järnvägsunderhåll: entreprenörernas upplevelser av anbudsskedet. Delrapport till Trafikverket i FoI-projektet ”Uppföljning och utvärdering av Samverkan Hög piloter baskontrakt väg och järnväg”.
- Kumbhakar, S.C., Know Lovell, C.A., 2000. Stochastic frontier analysis. Cambridge University Press.
- Larsson, J., Larsson, L., 2020. Integration, application and importance of collaboration in sustainable project management. *Sustainability*, 12(2), 585. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12020585>
- Lewis, G., Bajari, P., 2011. Procurement contracting with time incentives: Theory and evidence. *The Quarterly Journal of Economics*, 126, 1173–1211. DOI: <https://doi.org/10.1093/qje/qjr026>

- Lewis, G., Bajari, P., 2014. Moral hazard, incentive contracts, and risk: Evidence from procurement. *Review of economic studies*, 81, 1201–1228. DOI: <https://doi.org/10.1093/restud/rdu002>
- Lidén, T., Joborn, M., 2016. Dimensioning windows for railway infrastructure maintenance: Cost efficiency versus traffic impact. *Journal of rail transport planning & management*, 6(1), 32–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2016.03.002>
- Liljenström, C., Björklund, A., Toller, S., 2022. Including maintenance in life cycle assessment of road and rail infrastructure—a literature review. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27, 316–341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-02012-x>
- Liljenström, C., Toller, S., Åkerman, J., Björklund, A., 2019. Annual climate impact and primary energy use of Swedish transport infrastructure. *EJTIR*, 20(2), 36–40. DOI: <https://doi.org/10.18757/ejtir.2019.19.2.4378>
- Lind, H., Brunes, F., 2015. Explaining cost overruns in infrastructure projects: a new framework with applications to Sweden. *Construction Management and Economics*, 33(7), 554–568, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2015.1064983>
- Lingegård, S., Havenvid, M.I., Eriksson, P-E., 2021. Circular public procurement through integrated contracts in the infrastructure sector. *Sustainability*, 13(21), 11983. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132111983>
- Lunander, A., Lundberg, S., 2012a. Combinatorial Auctions in Public Procurement: Experiences from Sweden. *Journal of Public Procurement*, 11(1), 81–108. DOI: <https://doi.org/10.1108/JOPP-12-01-2012-B003>
- Lunander, A., Lundberg, S., 2012b. Different design - different cost: An empirical analysis of combinatorial public procurement bidding of road maintenance. *Journal of public procurement*, 12 (3), 408–422.
- Lyon, B., Dwyer, A., 2011. Road Maintenance: Options for Reform. Report. Infrastructure Partnerships Australia.
- Makovšek, D., Bridge, A., 2021. Procurement choices and infrastructure costs. In Glaeser, E.D, Poterba, J.M., (Eds), *Economic Analysis and Infrastructure Investment*, University of Chicago Press. 277–327. URL: <https://www.nber.org/books-and-chapters/economic-analysis-and-infrastructure-investment/procurement-choices-and-infrastructure-costs> (Hämtat 2023-12-05)
- Mandell, S., Nyström, J., 2013. Too Much Balance in Unbalanced Bidding. *Studies in Microeconomics*, 1(1) 23–35. DOI: <https://doi.org/10.1177/2321022213488845>
- Marschnig, S., Veit, P., 2023. Assessing Average Maintenance Frequencies and Service Lives of Railway Tracks: The Standard Element Approach. In Hessami, A.G., Muttram, R., (Eds), *New Research on Railway Engineering and Transportation*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.110488>
- Mirzadeh, I., Butt, A.A., Toller, S., Birgisson, B., 2014. Life cycle cost analysis based on the fundamental cost contributors for asphalt pavements. *Structure and Infrastructure Engineering*, 10(12), 1638–1647. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15732479.2013.837494>
- Neuhold, J., Landgraf, M., Marschnig, S., Veit, P., 2020. Measurement data-driven life-cycle management of railway track. *Transportation Research Record*, 2674(11), 685–696. DOI: <https://doi.org/10.1177/0361198120946007>
- Nilsson, J-E., 2022. The Weak Spot of Infrastructure BCA: Cost Overruns in Seven Road and Railway Construction Projects. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 13(2), 224–246. DOI: <https://doi.org/10.1017/bca.2022.10>

- Nilsson, J-E., Johansson, O., Nyström, J., Ridderstedt, I., Wikström, D., 2018. Kostnadsanalyser av upphandlade kontrakt. Två studier av investerings- och reinvesteringsprojekt. VTI-rapport 2018:976.
- Nilsson, J-E., Nyström, J., Salomonsson, J., 2019. Kostnadsöverskridanden i Trafikverkets entreprenadkontrakt. VTI-rapport 2019–1011.
- Nilsson, J-E., Nyström, J., Svanberg, L., 2021a. Vikten av att följa upp kommunal upphandling av beläggningsunderhåll. VTI-rapport 2021:1097.
- Nilsson, J-E., Odolinski, K., Nyström, J., 2023. Using a self-selection mechanism for tendering in the construction industry: A case study of railway renewal contracts. VTI Working Paper 2023:10.
- Nilsson, J-E., Ridderstedt, I., Ragipi Rushid, A., 2021b. Utan spaning, ingen aning. Behovet av att följa upp effektivitet, produktivitet och innovationer i anläggningssektorn. VTI rapport 1073.
- Nilsson, J-E., Svenson, K., Haraldsson, M., 2020. Estimating the marginal costs of road wear. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 139, 455–471. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.013>
- Nilsson Vestola, E., Eriksson, P-E., 2023. Engineered and emerged collaborations: vicious and virtuous cycles. *Construction management and economics*, 41(1), 79–96. DOI: <https://doi.org/10.1080/01446193.2022.2140815>
- Nilsson Vestola, E., Eriksson, P-E., Larsson, J., Karrbom Gustavsson, T., 2021. Temporary and permanent aspects of project organizing- operation and maintenance of road infrastructure. *International journal of managing projects in business*, 14(7), 1444–1462. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2020-0279>
- Nilsson Vestola, E., Larsson, J., Eriksson, P-E., Karrbom Gustavsson, T., 2023. Utvecklingsfrämjande åtgärder inom drift och underhåll väg: Drivkrafter och hinder till innovation i fyra baskontrakt. TRV 2018/11956
- Nissen, A., 2009. Development of Life Cycle Cost Model and Analyses for Railway Switches and Crossings. Doctoral thesis. Luleå University of Technology, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Division of Operation and Maintenance Engineering.
- Nyström, J., Mandell, S., 2019. Skew to win, not to profit – unbalanced bidding among informed bidders. *Journal of Public Procurement*, 19(1), 46–54. DOI: <https://doi.org/10.1108/JOPP-03-2019-024>
- Nyström, J., Nilsson, J-E., Börjesson, M., 2019. Delay Fees in the Procurement of Construction Projects. *Journal of Transport Economics and Policy*, 53 (4), 348–363.
- Nyström, J., Nilsson, J-E., Lind, H., 2016. Degrees of freedom and innovations in construction contracts. *Transport policy*, 47, 199–126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.01.004>
- Nyström, J., Wikström, D., 2019. Empirical analysis of unbalanced bidding on Swedish roads. VTI Working paper 2019:4.
- OECD, 2008. Transport infrastructure Investment – Options for efficiency. International Transport Forum. Transport Research Centre. URL: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/08infrinvest.pdf> (Hämtad 2023-11-19)
- Odolinski, K., 2015. Reforming a publicly owned monopoly: costs and incentives in railway maintenance. Doctoral dissertation, Örebro Studies in Economics 30.
- Odolinski, K., 2019. Contract design and performance of railway maintenance: Effects of incentive intensity and performance incentive schemes. *Economics of Transportation*, 18, 50–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2019.05.001>

- Odolinski, K., Boysen, H.E., 2019. Railway line capacity utilisation and its impact on maintenance costs. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 9, 22–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2018.12.001>
- Odolinski, K., Nilsson, J-E., 2017. Estimating the marginal maintenance cost of rail infrastructure usage in Sweden; does more data make a difference? *Economics of Transportation*, 10, 8–17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecotra.2017.05.001>
- Odolinski, K., Nilsson, J-E., Sjöstrand, Ait-Ali, A., Lidén, T., 2023c. Att följa upp och utvärdera järnvägsunderhåll. Delrapport inom projektet Metod för jämförelsestudier av järnvägsunderhåll. VTI PM 2023:13.
- Odolinski, K., Nissen, A., Ait-Ali, A., 2023a. Finding a better renewal time and improved contract design for switches and crossings. VTI Working Paper 2023:11
- Odolinski, K., Smith A.S.J., 2016. Assessing the Cost Impact of Competitive Tendering in Rail Infrastructure Maintenance Services - Evidence from the Swedish Reforms (1999 to 2011). *Journal of Transport Economics and Policy*, 50, 93–112.
- Odolinski, K., Smith, A., Wheat, P., Develter, M., Dheilly, C., 2023b. Incorporating quality into cost functions: a social cost model for rail infrastructure maintenance. [Publicerat manuskript].
- Odolinski, K., Smith, A., Wheat, P., Nilsson, J-E., Dheilly, C., 2023a. Damage or no damage from traffic: re-examining marginal cost pricing for rail signalling maintenance. *Transport Policy*, 131, pp. 13–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.11.013>
- Odolinski, K., Wheat, P., 2018. Dynamics in rail infrastructure provision: maintenance and renewal costs in Sweden. *Economics of Transportation*, 14, 21–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2018.01.001>
- Patra, A.P., 2009. Maintenance Decision Support Models for Railway Infrastructure using RAMS & LCC Analyses. Doctoral Thesis. Luleå University of Technology Division of Operation and Maintenance Engineering.
- Regeringen, 2021. Uppdrag att redovisa åtgärder för att genomföra visst järnvägsunderhåll i egen regi. Regeringsbeslut I2021/03391, I2021/02391.
- Renggli, R., Holzfeind, J., Marschnig, S., 2012. Netzweite Investitions- und Instandhaltungsstrategien im Bereich Fahrbahnoberbau der SBB. Eurailpress, Hamburg (På tyska).
- Ridderstedt, I., 2023. Improving the efficiency of public procurement: empirical evidence using micro-level contract data. Doctoral Thesis in Economics, KTH Royal Institute of Technology.
- Ridderstedt, I., Nilsson, J-E., 2023. Economies of scale versus the cost of budling: Evidence from procurements of highway pavement replacement. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 173, 103701. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103701>
- Ridderstedt, I., Pyddoke, R., 2024. Evaluating Bids on Price and Quality: The impact on the performance of Swedish public bus services. *Journal of Transport Economics and Policy*. [Accepterad för publikation]
- Riksrevisionen, 2009. Underhåll av belagda vägar. RiR 2009:16.
- Riksrevisionen, 2010a. Kostnadskontroll i stora väginvesteringar? RiR 2010:25.
- Riksrevisionen, 2010b. Underhåll av järnväg. RiR 2010:16.
- Riksrevisionen, 2016. Erfarenheter av OPS-lösningen för Arlandabanan. RIR 2016:3.
- Riksrevisionen, 2019. Drift och underhåll av statliga vägar – betydligt dyrare än avtalat. RIR 2019:24.
- Riksrevisionen, 2020. Drift och underhåll av järnvägar – omfattande kostnadsavvikelser. RIR 2020:17.

- Shleifer, A., 1985. A theory of yardstick competition. *Rand Journal of Economics*, 16(3), 319–327.
- Smith, A.S.J., Nilsson, J-E., Ridderstedt, I., Johansson O. 2023b. Efficiency measurements in the tendering of road surface renewal contracts. *Journal of Productivity Analysis*, 60, 189–202. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11123-023-00678-z>
- Smith, A., Thiebaud, J-C., Odolinski, K., Wheat, P., Dheilly, C. 2023a. The measurement of returns to density and scale for heterogeneous rail infrastructure technologies. *Journal of Transport Economics and Policy*, 57 (2), 77–103.
- Stenström, C., Norrbin, P., Parida, A., Kumar, U., 2016. Preventive and corrective maintenance – cost comparison and cost–benefit analysis. *Structure and Infrastructure Engineering*, 2(5), 603–617, DOI: <https://doi.org/10.1080/15732479.2015.1032983>
- Svenson, K., 2014. Estimated Lifetimes of Road Pavements in Sweden Using Time-to-Event Analysis. *Journal of Transportation Engineering*, 140(11). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000712](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000712)
- Svenson, K., Li, Y., Macuchova, Z., Rönnegård, L., 2016. Evaluating needs of road maintenance in Sweden with the mixed proportional hazards model. *Transportation research record: Journal of the transportation research board*, 2589, 51–58, DOI: <https://doi.org/10.3141/2589-06>
- Thaduri, A., Kumar, U., 2020. Integrated RAMS, LCC and Risk assessment for maintenance planning for railways. *Advances in RAMS Engineering: In Honor of Professor Ajit Kumar Verma on His 60th birthday*. (261–288) Springer Series in Reliability Engineering.
- Trafikanalys, 2023. Trafikverkets arbete med kostnadskontroll – plan för granskning och uppföljning. Rapport: 2023:1.
- Trafikverket, 2011. Beslutsordning för samhällsekonomiskt beslutsunderlag i Trafikverket. TDOK 2011:421.
- Trafikverket, 2012. Drift och Underhåll, Kapitel 4 Drift och underhåll av grusväg. Version 2012-08-31.
- Trafikverket, 2015. Kontraktsanalys basunderhåll järnväg – slutrapport: Långsiktigt hållbara affärer för Trafikverket på den svenska underhållsmarknaden. Publikationsnummer: 2015:077.
- Trafikverket, 2016a. Kontraktsanalys basunderhåll väg – slutrapport. Publikationsnummer: 2016:128.
- Trafikverket, 2016b. Konsekvenser av minskat underhåll på järnväg och väg, två räkneexempel. PM. Dokumentdatum 2016-05-03.
- Trafikverket, 2020a. Drift och Underhåll, Kapitel 6 Drift och underhåll av järnväg. Version 2020-06-15.
- Trafikverket, 2020b. Obalanserad budgivning Basunderhåll väg. Publikationsnummer: 2020:159.
- Trafikverket, 2020c. Val av affärsform för entreprenad och tekniska konsulter. Rutinbeskrivning, TDOK 2018:0007.
- Trafikverket, 2020d. Vidmakthållande – En underlagsrapport till Inriktningsunderlag inför transportinfrastrukturplanering för perioden 2022 – 2033 och 2022 – 2037. Publikationsnummer: 2020:172.
- Trafikverket, 2021a. Effektsamband för transportsystemet. Fyrstegsprincipen. Steg 2. Drift och Underhåll, Kapitel 1 Introduktion. Version 2021-04-01.

- Trafikverket, 2021b. Regeringsuppdrag Analysera omfattning och konsekvenser av obalanserad budgivning samt kostnadsökningar i samband med upphandling och genomförande av baskontrakt för underhåll av järnvägar. Publikationsnummer: 2021:146.
- Trafikverket, 2021c. Samhällsekonomiska analyser av vidmakthållande – Underlagsrapport till Förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022–2033. Publikationsnummer: 2021:244.
- Trafikverket, 2022a. Åtgärder för viss järnvägsunderhåll i egen regi. Redovisning av regeringsuppdrag I2021/03391, I2021/023391. Publikationsnummer: 2022:057.
- Trafikverket, 2022b. Drift och Underhåll, Kapitel 2 Vinterdrift. Version 2022-04-01.
- Trafikverket, 2022c. Drift och Underhåll, Kapitel 3 Drift och underhåll av belagda vägar. Version 2022-04-01.
- Trafikverket, 2022d. Drift och Underhåll, Kapitel 5 Skydds- och vägledningsanordningar samt sidoområde. Version 2022-04-01.
- Trafikverket, 2022e. Trafikverkets affärsstrategi för entreprenader och tekniska konsulter. Strategidokument, TDOK 2016:0199.
- Trafikverket, 2022f. Förvalta servicefönster. TDOK 2020:0064.
- Trafikverket, 2022g. Skapa servicefönster. TDOK 2020:0066.
- Trafikverket, 2023a. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.1. Version 2023-02-01
- Trafikverket, 2023b. Trafikverkets forsknings- och innovationsplan 2023–2028. Version 1.2, Publikationsnummer: 2023:004.
- UIC, 2015. Key cost drivers in railway asset management: Publication of short list. UIC asset management working group, July 2015.
- UK Department for Transport, 2018. Road works: the future of lane rental. Tech. rep. IA No: DfT00390. url: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a842142e5274a2e87dc3d8f/lane-rental-impact-assessment.pdf> (Hämtat 2023-11-17)
- UK Department for Transport, 2021. Lane rental schemes. Guidance for English Authorities. Tech. rep. url: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1000719/lane-rental-schemes-guidance-for-english-authorities.pdf (Hämtat 2023-11-17)
- Wennström, J., Karlsson, R., 2016. Possibilities to reduce pavement rehabilitation cost of a collision-free road investment using an LCCA design procedure. *International Journal of Pavement Engineering*, 17:4, 331–342, DOI: <https://doi.org/10.1080/10298436.2014.993191>
- Wheat, P., Odolinski, K., Smith, A., 2021. Applications of Production Theory in Transportation. In: Ray, S.C., Chambers, R.G., Kumbhakar, S.C. (eds) *Handbook of Production Economics*. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-3450-3_39-1
- Wheat, P., Smith, A.S.J., Nash, C., 2009. CATRIN (Cost Allocation of Transport INfrastructure cost). Deliverable 8 – Rail Cost Allocation for Europe. VTI, Stockholm.
- World Bank, 2010. HDM-4 Road Use Costs Model Version 2.00 Documentation February 18, 2010.
- World Bank, 2020. Serbia Railways Asset Management Plan Using Life-Cycle Costs. Final report. World Bank Group – Transport & Digital Development.
- Yarmukhamedov, S., Smith, ASJ., Thiebaud, J-C., 2020. Competitive tendering, ownership and efficiency in road maintenance services in Sweden: A panel data analysis. *Transportation*

Research part A: Policy and Practice. 136, 194–204. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.03.004>

Zoetman, A., 2001. Life cycle cost analysis for managing rail infrastructure: Concept of a decision support system for railway design and maintenance. *EJTIR*, 1(4), 391–413.

Österström, J., Nilsson, J-E., 2016. Effektiva kontraktmodeller för vägunderhåll. VTI-rapport 2016:894.

Bilaga

Tabell 1. Litteratur, kostnads kontroll av vidmakthållande av vägar och järnvägar

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|---|---------------------|------|--|---------------|---|--|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsgesamt | Uppföljning och lärande |
| 1 | H-Nia m.fl. | 2023 | Simulation-based evaluation of maintenance strategies from a life cycle cost perspective | Järnväg | Trafikverket | Ingenjörsmässig ansats, simulering, fallstudie | X | | | |
| 2 | Odolinski och Wheat | 2018 | Dynamics in rail infrastructure provision: Maintenance and renewal costs in Sweden | Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | | | |
| 3 | Giunta och Pratico | 2017 | Design and maintenance of high-speed rail tracks: A comparison between ballasted and ballast-less solution based on life cycle cost analysis | Järnväg | | Analytisk | X | | | |
| 4 | Charoenwong m.fl. | 2022 | The effect of rolling stock characteristics on differential railway track settlement: An engineering-economic model | Järnväg | Storbritannien | Kombination av ingenjörsmässiga och ekonomiska metoder | X | | | |
| 5 | Svenson m.fl. | 2016 | Evaluating Needs of Road Maintenance in Sweden with the Mixed Proportional Hazards Model | Väg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|----|-------------------|------|--|-----------------|---|--|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsdesign | Uppföljning och lärande |
| 6 | Biancardo m.fl. | 2023 | An innovative framework for integrating Cost-Benefit Analysis (CBA) within Building Information Modeling (BIM) | Järnväg | | CBA-BIM, fallstudie | X | | | |
| 7 | Thaduri och Kumar | 2020 | Integrated RAMS, LCC and Risk assessment for maintenance planning for railways | Järnväg | | Ingenjörsmässig ansats | X | | | |
| 8 | Al-Douri m.fl. | 2016 | Improvement of railway performance: a study of Swedish railway infrastructure | Järnväg | Trafikverket | Fallstudie | X | | | |
| 9 | Neuhold m.fl. | 2020 | Measurement Data-Driven Life-Cycle Management of Railway Track | Järnväg | Österrike | Ingenjörsmässig ansats kombinerad med LCC-analys | X | | | |
| 10 | Babashamsi m.fl. | 2016 | Evaluation of pavement life cycle cost analysis: Review and analysis | Väg | Europa, Kanada, USA | Litteraturoversikt | X | | | |
| 11 | Liljenström m.fl. | 2022 | Including maintenance in life cycle assessment of road and rail Infrastructure – a literature review | Väg och järnväg | | Litteraturoversikt | X | | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|----|------------------------|------|---|---|---|--------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsgestaltning | Uppföljning och lärande |
| 12 | Galar m.fl. | 2017 | Maintenance costs and life cycle cost analysis | | | Metodbeskrivning | X | | | |
| 13 | Patra | 2009 | Maintenance Decision Support Models for Railway Infrastructure using RAMS & LCC Analyses | Järnväg | Trafikverket | Fallstudier, kvalitativ, kvantitativ | X | | | |
| 14 | Strenström m.fl. | 2016 | Preventive and corrective maintenance – cost comparison and cost-benefit analysis | Järnväg | Trafikverket | Kvantitativ | X | | | |
| 15 | Calle-Cordón m.fl. | 2017 | Integration of RAMS in LCC analysis for linear transport infrastructures. A case study for railways | Järnväg (modell även applicerbar för väg) | Trafikverket | Kvantitativ | X | | | |
| 16 | Liljenström m.fl. | 2019 | Annual climate impact and primary energy use of Swedish transport infrastructure | Väg och järnväg | Trafikverket | Kvantitativ | X | | | |
| 17 | Wennström och Karlsson | 2016 | Possibilities to reduce pavement rehabilitation cost of a collision-free road investment using an LCCA design procedure | Väg | Trafikverket | Kvantitativ | X | | | |
| 18 | Mirzadeh m.fl. | 2014 | Life cycle cost analysis based on the fundamental cost | Väg | Trafikverket | Kvantitativ | X | | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | | | | |
|----|--------------------|------|---|-----------------|---|-------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|--|--|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsdesign | Uppföljning och lärande | | | |
| | | | contributors for asphalt pavements | | | | | | | | | | |
| 19 | Ait-Ali m.fl. | 2023 | Evaluating the mix of maintenance activities on railway crossings with respect to life-cycle costs | Järnväg | Trafikverket | Ingenjörsmässig och ekonomisk | X | | | | | | |
| 20 | Andersson | 2008 | Marginal railway infrastructure costs in a dynamic context | Järnväg | Trafikverket | Ekonomisk | X | | | | | | |
| 21 | Andersson m.fl. | 2016 | Marginal railway track renewal costs: A survival approach | Järnväg | Trafikverket | Ekonomisk | X | | | | | | |
| 22 | Andersson m.fl. | 2011 | Strategi för utveckling av en samhällsekonomisk analysmodell för drift, underhåll och reinvesteringar av väg- och järnvägsinfrastruktur | Väg och järnväg | Trafikverket | Översikt, ekonomisk | X | | | | | | |
| 23 | Azarijafari m.fl. | 2016 | Life cycle assessment of pavements: reviewing research challenges and opportunities | Väg | | Översikt | X | | | | | | |
| 24 | Haraldsson | 2007 | Essays on transport economics | Väg | Trafikverket | Ekonomisk | X | | | | | | |
| 25 | Marschnig och Veit | 2023 | Assessing average maintenance frequencies and service lives of railway tracks: The | Järnväg | Österrike | Kvantitativ | X | | | | | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | | | | |
|----|-----------------------|------|--|---------------|---|--------------|--|---------------------|----------------------------------|-------------------------|--|--|--|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriförvaltning | Upplägg och kontraktsgestaltning | Uppföljning och lärande | | | |
| | | | standard element approach | | | | | | | | | | |
| 26 | Nilsson m.fl. | 2020 | Estimating the marginal cost of road wear | Väg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | | | | | | |
| 27 | Nissen | 2009 | Development of life cycle cost model and analyses for railway switches and crossings | Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | | | | | | |
| 28 | Odolinski och Boyesen | 2019 | Railway capacity utilization and its impact on maintenance costs | Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | | | | | | |
| 29 | Odolinski och Nilsson | 2017 | Estimating the marginal maintenance cost of rail infrastructure usage in Sweden; does more data make a difference? | Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | | | | | | |
| 30 | Johansson och Nilsson | 2004 | An economic analysis of track maintenance costs | Järnväg | Trafikverket, Finland | Ekonometrisk | X | | | | | | |
| 31 | Renggli m.fl. | 2012 | Netzweite Investitions- und Instandhaltungsstrategien im Bereich Fahrbahnberbau der SBB | Järnväg | Schweiz | Kvantitativ | X | | | | | | |
| 32 | Stenström m.fl. | 2016 | Preventive and corrective maintenance - cost comparison and cost-benefit analysis | Järnväg | Trafikverket | Kvantitativ | X | | | | | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|----|------------------|------|--|---------------|---|--------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsgesamt | Uppföljning och lärande |
| 33 | Svenson | 2014 | Estimated lifetimes of road pavements in Sweden using time-to-event analysis | Väg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | | | |
| 34 | Wheat m.fl. | 2009 | CATRIN (cost allocation of transport infrastructure cost) | Järnväg | Trafikverket m.fl. | Ekonometrisk | X | | | |
| 35 | Zoetman | 2001 | Life cycle cost analysis for managing rail infrastructure: Concept of a decision support system for railway design and maintenance | Järnväg | | Analytisk | X | | | |
| 36 | World Bank | 2010 | HDM-4 Road User Costs Model Version 2.00 | Väg | | Kvantitativ | X | | | |
| 37 | World Bank | 2020 | Serbia Railways Asset Management Plan Using Life-Cycle Costs. Final report | Järnväg | | Kvantitativ | X | | | |
| 38 | Odolinski m.fl. | 2023 | Damage or no damage from traffic: re-examining marginal cost pricing for rail signalling maintenance | Järnväg | SNCF | Ekonometrisk | X | | | |
| 39 | Lidén och Joborn | 2016 | Dimensioning windows for railway infrastructure maintenance: Cost efficiency versus traffic impact | Järnväg | Trafikverket | Analytisk | X | X | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|----|-----------------------|------|---|----------------------------|---|----------------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsdesign | Uppföljning och lärande |
| 40 | Gaudry m.fl. | 2016 | Infrastructure maintenance, regeneration and service quality economics: a rail example | Järnväg | SNCF | Analytisk, ekonomisk | X | X | | |
| 41 | Smith m.fl. | 2023 | The measurement of returns to density and scale for heterogeneous rail infrastructure technologies | Järnväg | SNCF | Ekonomisk | X | X | | |
| 42 | Odolinski m.fl. | 2023 | Finding a better renewal time and improved contract design for switches and crossings | Järnväg | Trafikverket | Ekonomisk | X | | X | |
| 43 | Toller och Larsson | 2017 | Implementation of life cycle thinking in planning and procurement at the Swedish Transport Administration | Väg och järnväg | Trafikverket | Översikt | X | | X | |
| 44 | Andersson m.fl. | 2018 | Economic Analysis and Investment Priorities in Sweden's Transport Sector | Infrastrukturinvesteringar | Sverige | Översikt | X | | | X |
| 45 | Eliasson och Lundberg | 2012 | Do Cost-Benefit Analyses Influence Transport Investment Decisions? Experiences from the Swedish Transport Investment Plan 2010-21 | Infrastrukturinvesteringar | Sverige | Översikt | X | | | X |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|----|---------------------|------|---|-----------------|---|--------------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industruell organisation | Upphandling och kontraktsdesign | Uppföljning och lärande |
| 46 | Odolinski m.fl. | 2023 | Att följa upp och utvärdera järnvägsunderhåll. Delrapport inom projektet Metod för jämförelsestudier av järnvägsunderhåll | Järnväg | Trafikverket | Översikt | X | X | X | |
| 47 | Alit-Ali och Lidén | 2022 | Minimal utilization rate for railway maintenance windows: a cost-benefit approach | Järnväg | Trafikverket | CBA, fallstudie | | X | | |
| 48 | Cowie och Loynes | 2012 | An assessment of cost management regimes in British rail infrastructure provision | Järnväg | British rail, Railtrack, Network Rail (GB) | Kvantitativ | | X | | |
| 49 | Ivina och Palmqvist | 2023 | Railway maintenance windows: Discrepancies between planning and practice in Sweden | Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | | X | | |
| 50 | Ivina m.fl. | 2021 | Train delays due to trackwork in Sweden | Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | | X | | |
| 51 | Wheat m.fl. | 2021 | Applications of Production Theory in Transportation | Väg och Järnväg | | Litteraturoversikt | | X | | |
| 52 | Kostianaia m.fl. | 2023 | Railway transport adaptation strategies to climate change at high latitudes: a review of | Järnväg | Trafikverket, Kanada, Kina | Fallstudie | | X | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | | | |
|----|-----------------|------|--|---------------|---|--------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|--|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsdesign | Uppföljning och lärande | | |
| | | | experience from Canada, Sweden and China | | | | | | | | | |
| 53 | Caves m.fl. | 1981 | Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in U.S. railroads | Järnväg | | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 54 | Caves m.fl. | 1984 | Economies of density versus economies of scale: why trunk and local service airline costs differ | | | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 55 | Coelli m.fl. | 2005 | An introduction to efficiency and productivity analysis | | | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 56 | Hart m.fl. | 1997 | The proper scope of government: theory and an application to prisons | | | Analytisk | | X | | | | |
| 57 | Lyon och Dwyer | 2011 | Road maintenance: Options for reform | Väg | Australien | Kvantitativ | | X | | | | |
| 58 | Odolinski m.fl. | 2023 | Incorporating quality into cost functions: a social cost model for rail infrastructure maintenance | Järnväg | SNCF | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 59 | ISTED | 2002 | La Lettre de l'ISTED | Väg | | Kvantitativ | | X | | | | |
| 60 | Odolinski | 2015 | Reforming a publicly owned monopoly: costs | Järnväg | Trafikverket | Kvantitativ | | X | | X | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|----|--------------------------|------|--|-----------------|---|-----------------------|--|-----------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriföretag | Upphandling och kontraktsgestaltning | Uppföljning och lärande |
| 61 | Odolinski och Smith | 2016 | and incentives in railway maintenance Assessing the Cost Impact of Competitive Tendering in Rail Infrastructure Maintenance Services - Evidence from the Swedish Reforms (1999 to 2011) | Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | X | | |
| 62 | Yarmukhamedov m.fl. | 2020 | Competitive tendering, ownership and efficiency in road maintenance services in Sweden: A panel data analysis | Väg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | X | | |
| 63 | Ridderstedt och Nilsson | 2023 | Economies of scale versus the cost of bundling: evidence from procurements of highway pavement replacement | Väg | Trafikverket | Ekonometrisk | X | X | | |
| 64 | Nilsson m.fl. | 2023 | Using a self-selection mechanism for tendering in the construction industry: A case study of railway renewal contracts | Järnväg | Trafikverket | Analytisk, fallstudie | | X | | |
| 65 | Karrbom Gustavsson m.fl. | 2022 | Samverkan Hög i Trafikverkets Baskontrakt för väg- och järnvägsunderhåll: entreprenörernas | Väg och järnväg | Trafikverket | Kvalitativ | | X | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | | | |
|----|------------------------|------|--|-----------------|---|------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|--|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsgesamt | Uppföljning och lärande | | |
| | | | upplevelser av anbudsskedet | | | | | | | | | |
| 66 | Kadefors m.fl. | 2023 | Samverkan Hög inom väg- och järnvägsunderhåll- uppföljning av tidiga skeden i tre pilotkontrakt | Väg och järnväg | Trafikverket | Kvalitativ | | X | | | | |
| 67 | Nyström m.fl. | 2019 | Delay Fees in the Procurement of Construction Projects | Väg | | Analytisk, kvantitativ | | X | | | | |
| 68 | Nyström och Mandell | 2019 | Skew to win, not to profit- unbalanced bidding among informed bidders | Väg | | Teoretisk | | X | | | | |
| 69 | Österström och Nilsson | 2016 | Effektiva kontraktmodeller för vägunderhåll | Väg | Trafikverket | Litteraturstudie, intervjuer | | X | | | | |
| 70 | Odolinski | 2019 | Contract design and performance of railway maintenance: Effects of incentive intensity and performance incentive schemes | Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 71 | Nyström och Wikström | 2019 | Empirical analysis of unbalanced bidding on Swedish roads | Väg och järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 72 | Lewis och Bajari | 2014 | Moral hazard, incentive contracts, and Risk: | Väg | | Ekonometrisk | | X | | | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | | | |
|----|----------------------|------|--|---------------|---|-------------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|--|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsdesign | Uppföljning och lärande | | |
| | | | Evidence from procurement | | | | | | | | | |
| 73 | Fukushima m.fl. | 2022 | Internalizing Social Costs in Public Procurement of Road Maintenance | Väg | Kommuner | Kvantitativ | | X | | | | |
| 74 | Lingegård m.fl. | 2021 | Circular Public Procurement through Integrated Contracts in the Infrastructure Sector | Väg | Trafikverket | Kvantitativ, intervjuer, fallstudie | | X | | | | |
| 75 | Anastasopoulos m.fl. | 2010 | Contracting in highway maintenance and rehabilitation: Are spatial effects important? | Väg | Norge | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 76 | Arve m.fl. | 2022 | Bidding competition in the Norwegian market for road maintenance | Väg | Norge | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 77 | Larsson och Larsson | 2020 | Integration, Application and Importance of collaboration in sustainable project management | Väg | Kommun | Fallstudie, intervjuer | | X | | | | |
| 78 | Bajari m.fl. | 2014 | Bidding for incomplete contracts: an empirical analysis of adaptation costs | Väg | | Ekonometrisk | | X | | | | |
| 79 | Nyström m.fl. | 2015 | Degrees of freedom and innovations in construction contract | Väg | | Fallstudie | | X | | | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|----|------------------------------|------|---|-----------------|---|---|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsgesamt | Uppföljning och lärande |
| 80 | Lunander och Lundberg | 2012 | Different design-different cost: An empirical analysis of combinatorial public procurement bidding of road maintenance | Väg | Trafikverket | Ekonometrisk | | X | | |
| 81 | Lewis och Bajari | 2011 | Procurement contracting with time incentives: Theory and evidence | Väg | | Teoretisk, ekonometrisk | | X | | |
| 82 | Nilsson Vestola m.fl. | 2023 | Utvecklingsfrämjande åtgärder inom drift och underhåll i väg: Drivkrafter och hinder till innovation i fyra baskontrakt | Väg | Trafikverket | Intervjuer, observationer från innovationspiloter, dokumentstudie | | X | | |
| 83 | Nilsson Vestola och Eriksson | 2023 | Engineered and emerged collaboration: vicious and virtuous cycles | Väg | Trafikverket | Fallstudie, dokumentstudier, intervjuer. | | X | | |
| 84 | Nilsson Vestola m.fl. | 2021 | Temporary and permanent aspects of project organizing-operation and maintenance of road infrastructure | Väg | Trafikverket | Fallstudie, dokumentstudier intervjuer. | | X | | |
| 85 | Bondemark m.fl. | 2023 | Barriers to spurring innovation in Swedish transport infrastructure construction | Väg och järnväg | Trafikverket | Fallstudie | | X | | |
| 86 | Eriksson m.fl. | 2019 | Collaborative procurement strategies for infrastructure | Väg och järnväg | Trafikverket, Nederländerna | Fallstudier | | X | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | | | | |
|----|-----------------------|------|---|-----------------|---|--------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|--|--|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsgesamt | Uppföljning och lärande | | | |
| | | | projects: a multiple-case study | | | | | | | | | | |
| 87 | Eriksson m.fl. | 2018 | Efficiency and innovation in infrastructure projects - Four types of collaborative procurement strategies in Sweden and the Netherlands | Väg och järnväg | Trafikverket, Nederländerna | Fallstudier | | X | | | | | |
| 88 | De Silva m.fl. | 2009 | The effect of information on the bidding and survival of entrants in procurement auctions | Väg | Oklahoma Department of Transportation | Ekonometrisk | | X | | | | | |
| 89 | Ellis och Herbsman | 1990 | Cost-time bidding concept: an innovative approach | Väg | USA | Kvantitativ | | X | | | | | |
| 90 | Goree och Offerman | 2003 | Competitive bidding in auctions with private and common values | | | Analytisk | | X | | | | | |
| 91 | Herbsman m.fl. | 1995 | Time is money: innovative contracting methods in highway construction | Väg | USA | Kvantitativ | | X | | | | | |
| 92 | Lunander och Lundberg | 2012 | Combinatorial auctions in public procurement: experiences from Sweden | Väg | Trafikverket | Analytisk | | X | | | | | |
| 93 | Makovšek och Bridge | 2021 | Procurement choices and infrastructure costs | | | Översikt | | X | | | | | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|-----|-------------------------|------|---|-----------------|---|--------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsgesamt | Uppföljning och lärande |
| 94 | Ridderstedt och Pyddoke | 2023 | Evaluating bids on price and quality: The impact on the performance of Swedish public bud services | | | Ekonometrisk | | X | | |
| 95 | Mandell och Nyström | 2013 | Too Much Balance in Unbalanced Bidding | | | Analytisk | | X | | |
| 96 | Nilsson m.fl. | 2018 | Kostnadsanalyser av upphandlade kontrakt - Två studier av investerings- och reinvesteringsprojekt | Väg och Järnväg | Trafikverket | Ekonometrisk | | X | | X |
| 97 | Nilsson m.fl. | 2021 | Vikten av att följa upp kommunal upphandling av beläggningsunderhåll. | Väg | Kommuner | Enkät | | X | | X |
| 98 | Smith m.fl. | 2023 | Efficiency measurements in the tendering of road surface renewal contracts | Väg | Trafikverket | Ekonometrisk | | X | | X |
| 99 | Nilsson m.fl. | 2021 | Utan spaning, ingen aning. Behovet av att följa upp effektivitet, produktivitet och innovationer i anläggningssektorn | Väg och Järnväg | Trafikverket | | | X | | X |
| 100 | Nilsson m.fl. | 2019 | Kostnadsöverskridande i Trafikverkets entreprenadkontrakt | Väg och järnväg | Trafikverket | Kvantitativ | | X | | X |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|-----|-----------------|------|---|-----------------|---|--------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsdesign | Uppföljning och lärande |
| 101 | Ridderstedt | 2023 | Improving the efficiency of public procurement: empirical evidence using micro-level contract data | Väg | Trafikverket | Ekonometrisk | | X | X | |
| 102 | Nilsson | 2022 | The weak spot of infrastructure BCA: Cost overruns in seven road and railway construction projects | Väg och järnväg | Trafikverket | | | | X | |
| 103 | Flyvbjerg m.fl. | 2004 | What causes cost overrun in Transport Infrastructure projects | Väg och järnväg | | Kvantitativ | | | X | |
| 104 | Herrera m.fl. | 2020 | Cost overrun causative factors in road infrastructure projects: a frequency and importance analysis | Väg | | Litteraturstudie | | | X | |
| 105 | Flyvbjerg m.fl. | 2018 | Five things you should know about cost overrun | Väg och järnväg | | Översikt | | | X | |
| 106 | Flyvbjerg | 2009 | Survival of the unfittest: Why the worst infrastructure gets built- and what we can do about it | Väg och järnväg | | Översikt | | | X | |
| 107 | Lind och Brunes | 2015 | Explaining cost overruns in infrastructure projects: a new framework with applications to Sweden | Väg och järnväg | Trafikverket | Teoretisk och kvalitativ | | | X | |

| # | Författare | År | Titel | Väg / Järnväg | Infrastrukturförvaltare / Land / Geografiskt område | Metod | Område | | | |
|--------------------------|------------------------|------|---|---------------|---|--------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Underlag för att identifiera och prioritera åtgärder | Industriell organisation | Upphandling och kontraktsdesign | Uppföljning och lärande |
| 108 | Gibbons och Hendersson | 2013 | What do managers do? Exploring persistent performance differences among seemingly similar enterprises | | | Översikt | | | | X |
| 109 | Hartmann och Schreck | 2009 | Rankings, performance, and sabotage: The moderating effects of target setting | | | Experiment, ekonometrisk | | | | X |
| 110 | Shleifer | 1985 | A theory of yardstick competition | | | Analytisk | | | | X |
| 111 | Flyvbjerg m.fl. | 2018 | Five things you should know about cost overrun | | | Översikt | | | | X |
| Totalt per område | | | | | | | 46 | 21 | 45 | 19 |

Tabell 2. Sökord och söksträngar.

| Sökord / söksträngar |
|---|
| "Cost management" AND "infrastructure" AND "maintenance" OR "renewal" |
| "Cost recovery " AND "infrastructure" AND "maintenance" OR "renewal" |
| "Cost escalation" AND "infrastructure" AND "maintenance" OR "renewal" |
| "Incomplete contracts" AND "infrastructure" OR "maintenance" OR "renewal" |
| CBA maintenance infrastructure |
| LCC rail maintenance infrastructure |
| Cost overruns infrastructure |
| Cost control, contract, maintenance |
| Cost overrun, highway maintenance |
| Life cycle perspective, contracts |
| Cost efficiency, road maintenance |
| Infrastructure maintenance, contract |
| Cost increase, maintenance |
| planning maintenance road infrastructure Sweden |
| planning maintenance rail infrastructure Sweden |
| planning process maintenance road infrastructure Sweden |
| planning process maintenance rail infrastructure Sweden |
| LCC transport infrastructure maintenance review |

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Vi bedriver forskning och utveckling för att förbättra kunskapen om infrastruktur, trafik och transporter. Genom vårt arbete bidrar vi till att nå Sveriges transportpolitiska mål för tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa.

Vi utför forskning på uppdrag inom alla transportslag och arbetar i en tvärvetenskaplig organisation. Den kunskap vi genererar ger viktig information till aktörer inom transportsektorn och används ofta direkt i nationell och internationell transportpolitik.

Utöver forskning erbjuder vi utredningar, rådgivning samt olika mät- och provningstjänster. På VTI har vi avancerad forskningsutrustning av olika slag och världsledande körsimulatorer. Vi har även ackrediterade laboratorier för vägmaterial och krocksäkerhetstestning.

Biblioteket vid VTI är en nationell resurs som samlar in och sprider information om svensk transportforskning. Utöver frågeservice och lån erbjuds tjänster såsom informationssökning, omvärldsbevakning och strukturering av publikationer och projekt på en webbplats.

I Sverige samarbetar VTI med universitet och högskolor som bedriver relaterad forskning och utbildning. Vi deltar regelbundet i internationella forskningsprojekt, främst i Europa, och är aktiva inom internationella nätverk och allianser. Vi är cirka 240 medarbetare och finns i Linköping, Stockholm, Göteborg och Lund.

vti

Statens väg- och transportforskningsinstitut • www.vti.se • vti@vti.se • +46 (0)13-20 40 00
