

Bilaga A

Detaljerad beskrivning av forskningsprogram

Version 5.0

2021-06-01

Bilaga A: Detaljerad beskrivning av forskningsprogram

Bilaga till ”Branschprogram för forskning och innovation avseende Byggnadsverk för Transportsektorn - Inriktningsdokument och forskningsprogram” (Bilaga 1)

Förord

I detta dokument ges en mer detaljerad beskrivning av forskningsprogrammet. Dokumentet togs ursprungligen fram år 2013 men har därefter reviderats ett antal gånger; nu senast 2021-06-01. Dokumentet är ett rådgivande dokument enbart för information för forskningsutförare att få ett underlag för utarbetande av projektförslag.

En övergripande beskrivning av BBTs forskningsprogram finns i Bilaga 1, Branschprogram för forskning och innovation avseende Byggnadsverk för Transportsektorn - Inriktningsdokument och forskningsprogram, Kapitel 7. Detta dokument är ett komplement till forskningsprogrammet med syfte enligt ovan.

A.1 Allmänt

Produktområdet "Byggnadsverk" utgörs av konstbyggnader, med huvudsaklig inriktning på bro och tunnel men även inkluderande stödmurar, hamnar etc. ingående i byggd infrastruktur. Nya såväl som befintliga konstruktioner ingår.

De olika programområdena tar sin utgångspunkt i samhällsutmaningar som påverkar både befintlig infrastruktur och ger förändrade förutsättningar vid byggande av ny infrastruktur. De krav som idag ställs på infrastruktur ger ett behov av ett större tvärvetenskapligt samarbete då en mer komplex kravbild ska hanteras.

I detta dokument beskrivs ett antal identifierade centrala forskningsområden som kan ge bidrag till ökad kunskap. Dessutom presenteras kortfattat några väsentliga kompetensutvecklingsområden.

Dokumentet är strukturerat inom följande huvudområden vilka har en direkt koppling till motsvarande kapitel i inriktningsdokumentet, Bilaga 1:

- Hållbart byggande - säkerhet, bärighet, funktion och miljö, A2
- Uppföljning och utveckling av befintliga konstruktioner, A3
- Utveckling av processer och industriellt tänkande, A4
- Kompetensutveckling, A5

De forskningsområden och forskningsfrågor som förs fram här har genomgående identifierats utifrån Trafikverkets inriktningsdokument för behov inom forskning och innovation "Trafikverkets forsknings- och innovationsplan 2021-2026".

Vidare har särskilda fokusområden avseende Trafikverkets verksamhet med relevans mot FOI beaktats. En avstämning mot detta sker årsvis.

Varje huvudområde nedan innehåller ett antal områden som beskrivs översiktligt i Bilaga 1. Varje underområde redovisas här mer utförligt med bakgrund, centrala forskningsfrågor, potentiell samhällsnytta och implementering samt förslag och exempel till lämpliga projektidéer.

A.2 Hållbart byggande - säkerhet, bärighet, funktion och miljö

Fokus inom detta område är främst nyproduktion av byggnadsverk i infrastrukturen. Området behandlar säkerhets-, livslängds-, funktions- och miljöfrågor som bör vara styrande för Trafikverkets investeringar i ny infrastruktur och förvaltningen av densamma. Strävan sker efter robusta konstruktioner med avseende på lastökning, extrem påverkan exempelvis dynamiskt beteende, väderkänslighet och klimatförändring. Säkerställande skall ske av lastkapacitet och funktion under hela livslängden och i ett uthålligt miljöperspektiv. Utveckling av verifieringsmetoder för funktionskrav ingår som ett prioriterat område identifierat i Trafikverkets strategidokument. Nedan ges en översiktlig beskrivning av sex underområden som bedöms vara prioriterade med hänsyn till hållbart byggande.

A.2.1 Säkerhet, robusthet och sårbarhet

Beskrivning av forskningsområdet:

Internationellt pågår för närvarande omfattande forskning kring sårbarhet och riskhantering i infrastrukturen. Man har då introducerat begrepp som robusthet, som innebär att ett system medvetet bör utformas så att konsekvenserna av extraordinära påverkningar begränsas. Byggnadsverk kan i detta sammanhang ses som viktiga delar i transportsystemet och konsekvenserna av att ett

byggnadsverk sätts ur funktion kan i många fall vara stora för såväl säkerhet som framkomlighet. Med säkerhet avses både personsäkerhet och samhällssäkerhet. Kunskapen om hur konstruktioner konkret skall utformas för ökad robusthet och mindre sårbarhet är dock begränsad vilket är den viktigaste bakgrunden till att omfattande forskning initierats internationellt främst efter terrorattacken i New York den 11 september 2001. Prognoser om framtida klimatförändringar har ytterligare accentuerat behoven inom området.

Forskning inom detta område kan ske med fokus på följande delområden

- Karakterisering av extraordinära påverkningar som kan vara relevanta för olika byggnadsverk exempelvis påkörning/påsegling, extraordinära flöden, skred, grova fel i byggprocessen, attentat.
- Metoder för analys av respons hos konstruktionssystem som utsätts för extraordinära påverkningar som stora deformationer, dynamiska effekter, brottvillkor etc.
- Metodik för riskanalys med hänsyn till byggnadsverkets funktion i infrastrukturen
- Studier av konsekvenser för såväl person- som samhällssäkerhet samt transportsystemets funktion

Centrala forskningsfrågor:

- Hur kan man bedöma sannolikheter för extraordinära händelser och olyckslaster. Hur kan dessa sannolikheter tänkas förändras över en period som motsvarar byggnadsverkets livslängd.
- Hur kan man evaluera grad av robusthet för olika byggnadsverk på basis av förväntad relation mellan direkta och indirekta konsekvenser. Detta behöver göras både för enskilda byggnadsverk såväl som ur ett systemperspektiv.
- Vilka fördelar och nackdelar finns för olika strategier att skapa robusthet hos byggnadsverk i infrastrukturen.
- Hur kan man tillgodogöra sig erfarenheter från inträffade händelser.

Potentiell samhällsnytta och implementering:

Forskning inom området förväntas resultera i fördjupad insikt om faktorer som påverkar sårbarheten hos olika byggnadsverk i infrastrukturen och ge underlag för utformning av framtida riktlinjer för säkrare planering och projektering med hänsyn till extraordinära påverkningar. Resultaten kan utnyttjas av Trafikverket i form av kravställande i kontraktshandlingar avseende infrastrukturprojekt såväl som genom styrande regelverk avseende byggnadsverk och dess tillämpning.

Exempel på projektidéer:

- Systematisk analys av inträffade händelser där broar exponerats för extrema påverkningar.
- Utveckling av metodik för bedömning av konsekvenser för trafiksystemet givet att ett byggnadsverk blir obrukbart på grund av extrem påverkan.
- Modellering av kollisionförlopp vid påkörning av tunga fordon med uppskattning av sannolikheter för denna typ av händelse
- Icke-linjära metoder för analys av alternativa bärsystem hos typiska brokonstruktioner efter primär skada
- Klimatförändringars inverkan på säkerhet och prestanda hos byggnadsverk i infrastrukturen
- Utveckling av metodik och analyser för att öka robusthet hos befintliga konstruktioner

A.2.2 Analys/dimensionering av byggnadsverk

Beskrivning av forskningsområdet:

Vid dimensionering och klassningsberäkning av byggnadsverk såsom broar och tunnlar används idag i allt större utsträckning beräkningar med finit elementmetod, FEM där konstruktionens geometri modelleras i tre dimensioner, 3D. Metoden är mycket kraftfull och det är möjligt att modellera komplexa geometrier, alla relevanta lastfall samt ta hänsyn till olinjära effekter. Kvalitén på beräkningsresultaten är dock starkt beroende på hur modellen är uppbyggd och på hur resultaten tolkas och utvärderas. För att kunna utnyttja potentialen hos olinjära analyser behöver metoder avseende såväl säkerhet som strukturberäkningar vidareutvecklas.

För konstruktörer innebär metoden ett teknikskifte när det gäller systemberäkningar, från att ha varit nästan uteslutande baserade på balkteori och ramberäkningar blir systemberäkningarna till stor del baserade på platt- och skalteori. I samband med detta har ett stort antal frågeställningar med betydande inflytande på beräkningsresultaten aktualiserats.

För att åstadkomma robusta och tillförlitliga byggnadsverk som ger mer nytta för pengarna är det därför viktigt att utreda och ge rekommendationer för genomförande, resultattolkning och kvalitetssäkring av sådana analyser.

Centrala forskningsfrågor:

- Hur bör en given konstruktion idealiseras med hänsyn till exempel
 - randvillkor och grundläggning
 - samverkan mellan konstruktionsdelar
 - tvångseffekter, såsom temperatur, krympning och förspänning
- Hur bör resultaten tolkas och utvärderas, exempelvis vid verifiering av säkerhet och funktion
- Metoder för kontroll och värdering av beräkningar av beräkningar och analyser genomförda med ovanstående metoder
- Hur bör systemberäkningar med hänsyn till olinjär respons genomföras, bland annat med hänsyn till verifiering i bruksgränstillståndet. Med 3D systemberäkningar måste olinjära effekter såsom uppsprickning i betong beaktas på ett mer nyanserat sätt.
- Hur kan lastmodeller för t.ex. trafik, temperatur, krympning etc. som föreskrivs i nuvarande regelverk modifieras för att ge mer relevanta resultat vid användning av avancerad 3D-modellering
- Hur säkerställs förståelse för verkningsätt och resultat i nya modeller. Hur säkerställs möjligheter till kvalificerad oberoende granskning.

Potentiell samhällsnytta och implementering:

Samhället gör stora investeringar i infrastruktur varje år. Det är viktigt att de analys- och dimensioneringsmetoder som används resulterar i robusta och tillförlitliga byggnadsverk som är kostnadseffektiva och ger mer nytta för pengarna.

Metoder för projektering, konstruktion och produktion av infrastrukturprojekt utvecklas för att åstadkomma en modernare IT-baserad process och ett mer industrialiserat och kostnadseffektivt byggande. Metoder för analys och dimensionering av byggnadsverken behöver därför också utvecklas och moderniseras. Ny kunskap inom tillämpning av moderna analys- och dimensioneringsmetoder krävs för att skapa kostnadseffektiva konstruktioner och undvika fördyrande lösningar. Implementering kan ske bl.a. genom vidareutbildning av berörda aktörer, anpassning av regelverk samt upphandling baserad på funktionskrav.

Exempel på projektidéer inom området:

- Metoder för verifiering av säkerheten vid bärighetsanalys med olinjära metoder
- Samverkan med undergrund och modellering av grundläggning vid systemberäkning av byggnadsverk
- Idealisering av konstruktionen avseende samverkan mellan konstruktionsdelar såsom samverkande balk och platta
- Modellering av tvångslaster såsom temperatur, krympning och förspänning, och effekter av dessa vid tredimensionell analys av byggnadsverket, inklusive inverkan av randvillkor och långtidseffekter
- Fördelning av snittkrafter och snittmoment i plattor och skal
- Systemberäkningar för bruksgränstillstånd med hänsyn till olinjär respons i betongkonstruktioner
- Metoder för kontroll och värdering av beräkningar av beräkningar och analyser genomförda med finit elementmetod, FEM.

A.2.3 Verifiering av tekniska funktionskrav

Beskrivning av forskningsområdet:

Ett av Trafikverket prioriterat område är att utveckla produktiviteten vid byggande av nya anläggningar liksom vid underhåll och uppgradering av befintliga anläggningar. Mycket tyder på att det finns ett stort utrymme för att vidareutveckla teknik och processer så att man vid investeringar får större effekt av insatta resurser. En möjlig strategi för att åstadkomma förbättringar är att vid upphandling utgå från funktionskrav i stället för tekniska detaljkrav vilket leder till en frihet för relevanta aktörer att erbjuda optimala och innovativa lösningar vid utförande av byggnadsverk. En viktig förutsättning för detta är att de krav som ställs måste vara verifierbara med en metodik som kan regleras i kontrakt mellan beställare och utförare på såväl kort som lång sikt. Ett speciellt förhållande för byggnadsverk och liknande konstruktioner är dels lång teknisk livslängd dels långtidseffekter som påverkar beständighet, bärförmåga etc. Det sistnämnda leder till att kontraktsuppfyllelse mellan beställare och utförare måste baseras på prognoser. Verifiering och adekvat formulering av tekniska funktionskrav är i fokus inom det föreslagna forskningsområdet.

Utgångspunkten här är att ju bättre kunskap och metoder som finns för att verifiera aktuella krav ju bättre är möjligheten att nyttja dessa i genomförande av infrastrukturprojekt.

Centrala forskningsfrågor:

- Vilka är de krav på byggnadsverk, tekniska och andra, som begränsar utveckling och innovation i dagens byggprocess.
- Hur bör man formulera verifierbara funktionskrav på bärförmåga, beständighet samt drift och underhåll
- Hur bör man beakta brukarkrav när man formulerar tekniska verifierbara krav
- Hur relevanta är de funktionskrav som delvis används för exempelvis broar idag och vad kan vi lära av befintliga konstruktioner som dimensionerats med andra regler än vad som gäller idag.
- Hur verifieras beständighetskrav över lång tid via förprovning, in-situ tester etc. som genomförs under en kort tid som kontraktuell garantitid etc. vilka i sin tur jämförs med en prognos baserad på en analys med FEM eller liknande.
- Utformning av beräkningsverktyg baserade på FEM som successivt ställer prognos på uppfyllelse av ställda funktionskrav med utgångspunkt från kontinuerlig mätning och registrering in-situ.
- Metoder och metodik för kontinuerlig mätning och registrering in-situ samt analys och hantering av mätdata som underlag för prognostisering.
- Hur kan en entydig verifieringsmetodik som kan användas operationellt utformas

Potentiell samhällsnytta och implementering:

Möjligheten att verifiera funktionskrav i infrastrukturprojekt är en nödvändig förutsättning för att funktionskrav skall kunna användas operationellt. Om hypotesen att ökad användning av funktionskrav verkligen leder till ökad produktivitet och innovation i byggsektorn frigörs resurser som leder till ökad intensitet i såväl nyinvesteringar som underhållsåtgärder. Alternativt kan frigjorda resurser användas till andra ändamål i samhället.

Tidiga tillämpningar av resultat från forskningen via en generell metodik kopplad till strukturerade testbäddar samt erfarenhetsåterföring är en väsentlig del. Detta utgör viktiga kompletterande aktiviteter där långtgående samverkan mellan sektorns aktörer skall eftersträvas.

Exempel på projektidéer:

- Kartläggning av nuvarande kravspecifikationer i brobyggande med särskild fokus på funktionskrav samt uppföljning av hur verifiering genomförts.
- Utvärdering av sprickors effekt på armeringskorrosion - samarbete material- och konstruktionsforskare
- Statistisk metodik för verifiering av sprickviddskrav på basis av in-situ mätningar
- Utformning av beräkningsverktyg baserade på FEM som successivt ställer prognos på uppfyllelse av ställda funktionskrav med utgångspunkt från kontinuerlig mätning och registrering in-situ
- Metoder och metodik för kontinuerlig mätning och registrering in-situ samt analys och hantering av mätdata som underlag för prognostisering
- Utvärdering av kritiska detaljer i brokonstruktioner med hänsyn till beständighet samt möjligheter till förbättringar
- Hur funktionskrav hanteras kontraktuellt vid upphandling och genomförande av infrastrukturprojekt
- Riskbalans mellan beställare och utförare i kontrakt baserade på funktionskrav jämfört med mer styrd kravställning huvudsakligen baserad på detaljkrav

A.2.4 Beständighet och livslängd hos nya byggnadsverk

Beskrivning av forskningsområdet:

Trafikverket ställer krav på 80- 120 års livslängd vid projektering och produktion av nya byggnadsverk inom trafiksystemet. Det som främst begränsar den tekniska livslängden, och som kräver omfattande förtida reparationer, är läckage av vatten och tösalter genom tätskikten, krympsprickor på grund av uttorkning och delvis förhindrade rörelser, armeringskorrosion i pelare, kantbalkar etc. samt frostsador i form av ytavskalningar och inre sprängning.

För att kunna projektera nya byggnadsverk som broar, tunnlar, stödmurar etc. med avseende på livslängd fordras dels att man kan formulera tillämpbara funktionskrav på beständighet och dels har tillgång till tillförlitliga livslängdsmodeller, inklusive tillhörande material- och klimatparametrar. Sådana livslängdsmodeller måste baseras på en korrekt beskrivning av nedbrytningsprocesserna och måste vara verifierade mot fältobservationer.

De funktioner som påverkas av bristande beständighet är exempelvis

- Bärförmågan, som minskar om armeringen korroderar och om delar av konstruktionen får inre frostsador,
- Säkerheten i trafiksystemet om tätskiktssprängning eller ytavskalning medför att delar av byggnadsverken riskerar att falla ner på trafiken,
- Framkomligheten i trafiksystemet då förtida reparationer av t ex tätskikt och kantbalkar på broar kräver avstängning av hela eller delar av byggnadsverket.

Livslängdsmodeller för dessa nedbrytningsprocesser existerar till viss del. En del av dessa modeller beskriver dock inte nedbrytningsprocesserna på ett detaljerat sätt utan är av mer empirisk natur och är därför osäkra att använda.

Centrala forskningsfrågor:

- Att utveckla livslängdsmodeller för armeringskorrosion i tösaltningsmiljö, frostavskalning och inre frostsador, baserad på förståelse och kvantifiering av de fysikaliska nedbrytningsprocesserna och klimatpåfrestningarna,
- Att utveckla metoder för kvantifiering av krympspänningar med hänsyn fuktfördelningar och krypning,
- Att utveckla metoder för kontroll i färdig konstruktion av beständighetsparametrar, samt
- Att utveckla metoder för funktionskravsbaserad upphandling m a p beständighet och livslängd.

Detta område har koppling mot område A2.3 med flera gemensamma forskningsfrågor och förslag till projekt.

Behov av ny kunskap inom området:

Förvaltning av infrastrukturbyggnadsverk kräver goda prognoser över framtida tillståndsförändringar i de delar av byggnadsverken som är avgörande för bärförmåga, tillförlitlighet, säkerhet och estetik. Allvarliga nedbrytningskador är vanliga bland befintliga byggnadsverk. Förväntade klimatförändringar kan komma att öka nedbrytningstakten ytterligare. Krav på minskad klimatpåverkan kan komma att kräva nya bindemedel till framtidens betong i byggnadsverk. Stora kostnader för samhället för att reparera och ersätta befintliga byggnadsverk kan undvikas med bättre kunskap om hur nedbrytning påverkar konstruktioners funktion och säkerhet. Resultaten kan användas både vid utvärdering av befintliga konstruktioner och vid livslängdsdimensionering av nybyggnationer.

Potentiell samhällsnytta

Värdet av den byggda miljön är i storleksordning hälften av nationalförmögenheten i de flesta europeiska länder, och reparation och underhåll står för ungefär hälften av utgifterna i byggbranschen. Följaktligen kan stora besparingar uppnås om vi med större kunskap kan reparera och ersätta enbart när det behövs och på bättre sätt än idag. Med bättre kunskap vid nybyggnation kan framtida problem undvikas. Dessutom minimeras resursanvändning av material och energi, och bidrar därigenom till en hållbar utveckling.

A.2.5 Resurseffektivitet - livscykel förvaltning av trafikinfrastruktur med hänsyn till kostnadseffektivitet och hållbarhet.

Beskrivning av forskningsområdet:

Traditionellt har man inom den konstruktionstekniska forskningen inte mer i detalj arbetat med kostnads- och resurseffektivitet. Vidare har miljöaspekter inte varit en del i forskningen kring den konstruktionstekniska utformningen av byggnadsverk. Om det är detta eller annat som medfört att kostnadsläget för infrastruktur är mycket högt i Sverige kan vara svårt att veta, men forskningen är huvudsakligen problemorienterad och inte inriktad på att söka förbilliga och effektivisera byggandet som helhet. Ett starkt fokus ligger också på regler i normer och standarder som oftast inte är avsedda för att optimera med avseende på kostnadseffektivitet, miljö- och klimatpåverkan etc.

Inom detta delområde behandlas även förvaltning av infrastruktur med hänsyn till livscykelkostnader (LCC) och miljömässig livscykelanalys (LCA). Trots att broar utgör en mindre andel av väg- och järnvägskapitalet är broar ett bra exempel att tillämpa detta på eftersom det finns mycket bättre

underlag såväl för kostnader som för LCA-data jämfört med många andra delar av transportinfrastrukturen.

Med hänsyn till hållbarhet och kostnadseffektivitet finns inga skäl till ”överkvalitet”. Forskning visar att vid exempelvis provning broar har dessa visat sig ha en mycket stor överkapacitet.

Att öka säkerheten för redan mycket säkra konstruktioner kostar mycket och klimatpåverkan blir onödigt omfattande. Byggandet står för i storleksordningen för 10 % av de globala utsläppen av koldioxid.

Centrala forskningsfrågor är:

- Att utveckla och fördjupa analysmetoder för att kunna beakta vilka faktorer som är kostnadsdrivande när det gäller livscykelkostnader för infrastrukturer vid nybyggnad som drift och underhåll
- Att utveckla beräknings- och analysmetoder för integrerad optimering med avseende på konstruktionsteknik, kostnad, miljöaspekter etc.
- Att utveckla analysmetoder (LCA) för bedömning av hållbarhetsaspekter vid byggande drift och underhåll av infrastrukturen. Här är det särskilt viktigt att studera LCA-frågor under själva byggfasen, ett område nästan helt utan tidigare forskning
- Att övergripande, sett ur ett samhällsperspektiv, gå igenom vad som kan göras för att förbättra kostnadseffektivitet och minska klimatpåverkan. Det kan exempelvis handla om att ifrågasätta en hel del av de projekt och åtgärder som vi idag finner självklara och nödvändiga. För att kunna genomföra sådana analyser behövs forskning av en typ som idag inte genomförs inom konstruktionsområdet.

Samhällets behov av ny kunskap inom området:

Byggandet av infrastruktur tillhör de verksamheter i samhället som drar mest gemensamma kostnader och orsakar påtaglig klimatpåverkan. Det är därför utomordentligt viktigt att nya synsätt när det gäller LCC och LCA belyses även i forskningen. Som ett ytterligare exempel kan nämnas att man idag i de Miljökonsekvensbeskrivningar, MKB, som utarbetas avseende infrastrukturprojekt huvudsakligen behandlar lokala miljöeffekter och inte ställer dessa i proportion till globala miljöeffekter som klimatpåverkan. Även detta visar på vikten av forskning inom området med inriktning mot optimering med avseende på ett flertal parametrar.

Potentiell nytta för samhället och miljön:

Värdet av den byggda miljön är 50 à 60 % av det nationella välståndet i de flesta europeiska länder, och drift, reparation och underhåll står för cirka 30 % av utgifterna för infrastrukturen.

Hållbart byggande innebär principiellt att nyttan av en konstruktion är större än dess negativa miljökonsekvenser och samhällskostnader. Följaktligen kan stora besparingar uppnås om man med större kunskap kan bygga, underhålla, reparera och ersätta på ett för samhället och miljön bästa sätt. Bättre resursanvändning i alla led av byggande och underhåll samt att enbart ersätta när det verkligen behövs leder inte bara till lägre livstidskostnader utan även mindre resursanvändning och därmed mindre klimatpåverkan.

Exempel på projektidéer:

- Utveckling av processer för planering av byggande såväl som drift och underhåll för broprojekt. Till varje projekt bör höra en DoU-plan som naturligen innehåller LCC och LCA.
- Att utveckla beräknings- och analysmetoder för integrerad optimering med avseende på konstruktionsteknik, kostnad, miljöaspekter, etc.
- Vilka real- och kalkylräntor bör användas? Vid givna statliga regler, bör särskilt utvecklas realistiska kalkylräntor baserade på kostnadsutveckling avseende såväl byggande som drift och underhåll.

- Studium av verkliga drifts-, underhålls- och reparationskostnader. Studierna kan baseras på den goda tillgången på data som finns för Sveriges infrastruktur.
- Koppling mellan konstruktionens nytta och dess drift- och underhållskostnader samt LCA-effekter. Det finns en intressant interaktion mellan LCC och LCA som kan användas för att reducera såväl kostnader som klimatpåverkan.
- En intressant hypotes värd ett studium är att analysera energiåtgång under såväl byggande som under drift och underhållsfaserna. Minimering av energiåtgång kan leda till förbättrad kostnadseffektivitet och minskad miljöpåverkan i stort.
- Underhåller vi för mycket? Kanske handlar många åtgärder mer om estetiska än verkliga problem.
- Bättre modeller för analys av användar- och samhällskostnader i samband med underhålls- och reparationsarbeten.

A.3 Uppföljning och utveckling av befintliga konstruktioner

Många broar och andra infrastrukturanläggningar i vårt land byggdes för 40-50 år sedan och kräver allt högre kostnader för underhåll och reparation för att vidmakthålla sina funktionsegenskaper. Över tid ökar också kraven som att antalet fordon ökar, användningen av tölsalter har ökat, behov av ökade lastvikter och –volymer, tillåta högre hastigheter och förbättra komforten för trafikanterna.

Även för jämgamla konstruktioner skiftar behoven kraftigt på grund av ursprunglig kvalitet avseende typ av konstruktion, detaljutformning, material, utförande etc. samt trafikering eller annan användning. Vidare miljöbelastning och hittills genomförda underhålls- och reparationsåtgärder. Inom byggbranschen finns drivkrafter mot att riva och bygga nytt, men av hållbarhetsaspekter och samhällsekonomiska skäl är det viktigt att vårda det som redan är byggt. För att välja rätt reparations- och underhållsåtgärder i varje enskilt fall krävs adekvata, tillförlitliga och effektiva tillståndsbedömningar.

Många byggnadsverk i trafiksystemet har historiskt fått allvarliga förändringar över tiden på grund av exempelvis täcksiktspängning i betongkonstruktioner orsakad av armeringskorrosion, krympsprickor av uttorkning och fastlåsning och frostsador av undermålig betong och läckande tätskikt. I de byggnadsverk som ännu inte fått skador pågår olika typer av förändringsprocesser som på sikt kan leda till förtida skador.

A.3.1 Mätmetoder

Beskrivning av forskningsområdet:

Det finns ett stort behov av tillförlitliga metoder för bedömning av tillståndet hos befintliga byggnadsverk med avseende på tidsberoende förändringar. Sådana bedömningar görs idag i huvudsak med okulära besiktningar, men då det har gått så långt att förändringarna är synliga är det som regel för sent för att kostnadseffektivt kunna undvika trafikstörningar, säkerhetsrisker och dyrbara reparationer. Det finns ett stort antal metoder att välja bland, både förstörande och icke-förstörande, men alla har sina nackdelar och begränsningar. Här krävs ytterligare forskning, inte minst för att implementera metoder som fungerar i laboratoriet till verkliga konstruktioner.

Centrala forskningsfrågor:

- Vidareutveckling av metoder för icke-förstörande provning som stöd för tillståndsbedömning. Vilka metoder ger säkrast svar? Hur kan metoderna effektiviseras? Hur kan man exempelvis

undersöka tillståndet i brobaneplattans tätskikt eller tillståndet hos injekterade och vidhäftande spännkablar?

- Metoder för övervakning av konstruktioner med avseende på deformationer, läckage, sprickutveckling, korrosion, kalkurlakning och andra nedbrytningsfenomen.
- Metoder för insamling och registrering av mätdata samt informationshantering, selektering urval och analys av data.
- Metoder för insamling och användning av fordonsdata som underlag för analys av broar och andra byggnadsverk.

Potentiell samhällsnytta och implementering:

Det skulle vara till stor samhällsnytta om nya och befintliga metoder kunde utvecklas och implementeras.

Exempel på projektidéer:

- Jämförelse mellan olika metoder för icke-förstörande provning som stöd för tillståndsbedömning. Hur kan metoderna effektiviseras?
- Undersökning av tillstånd i brobaneplattors tätskikt och hos injekterade och vidhäftande spännkablar?
- Demonstrationsprojekt för övervakning av konstruktioner med avseende på deformationer, läckage, sprickutveckling, korrosion, kalkurlakning och andra nedbrytningsfenomen.
- Utveckling av mätmetoder och efterföljande analys av data som möjliggöra kontinuerlig övervakning över längre tid.
- Mätmetoder och registrering av mätmetoder och analys av data avseende fordons- och trafikpåverkan.
- Metoder för insamling och analys av fordonsdata som underlag för vidare analys av broar.

A.3.2 Bedömning av tillstånd och livslängd

Beskrivning av forskningsområdet:

När det gäller befintliga konstruktioner behöver man inte ta höjd för de presumtiva avvikelser man beaktar vid dimensioneringen eftersom man redan har en befintlig konstruktion, vars dimensioner, laster och materialegenskaper kan bestämmas med bättre noggrannhet.

Ett viktigt delområde inom befintliga konstruktioner handlar om kalibrering av beräkningsmodeller för befintliga broars funktion och säkerhet. Syftet är att genom fullskaleförsök försäkra sig om att de beräkningsmodeller vi använder stämmer överens med de brott som verkligen uppträder. Normmodellerna har successivt byggts på efter inträffade skadefall och på bas av laboratorieförsök i liten skala och ibland med hjälp av accelererade metoder.

Det kan i broar finnas en dold säkerhet som beror på att man använder alltför förenklade analysmodeller. De få fullskaleförsök som gjorts har påvisat betydande överkapacitet och ofta andra brottmekanismer än de man förväntat sig, vilket indikerar att det finns mycket att vinna med förbättrad kunskap.

Centrala forskningsfrågor:

- Metoder för att utvärdera bärförmåga, säkerhet och funktion hos befintliga broar.
- Metoder för kalibrering av befintliga analysmetoder och antagna randvillkor mot verkliga fullskaleförsök för att kunna utvärdera funktion och säkerhet hos befintliga broar.
- Metoder för att värdera tillståndet som förändringsgrad, nedbrytningsgrad/skador etc. hos befintliga konstruktioner och metoder för att kunna dra korrekta slutsatser om orsakssammanhanget bakom dessa tidsberoende förändringar hos befintliga byggnadsverk.

- Metoder att översätta observerad nedbrytningsgrad/skador hos konstruktionen till information som kan användas vid bedömningen av säkerhet och funktionsförmåga enligt nästa punkt.
- Metoder för förutsägelse av framtida skadeutveckling och därmed metoder för förutsägelse av utvecklingen av framtida säkerhetsnivå och funktion. Dessa metoder bygger främst på en förståelse av nedbrytningsmekanismer och dessas tidsförlopp i olika situationer.

Potentiell samhällsnytta och implementering:

I vårt land finns närmare 10 000 broar som är äldre än 40 år. Minskningen av kapitalvärde varje år på vår brostock brukar uppskattas till 2 % eller ca 2 miljarder kr. Idag dimensioneras broar för en livslängd på 80-120 år men intervjuer med de personer som var ansvariga för ”rekordårens” broar ger vid handen att man byggde efter gällande regelverk utan identifierad livslängd. Beaktar man antal, ålder och kostnader behöver man inte göra någon avancerad beräkning för att konstatera att varje åtgärd som kan ge ett bidrag till en förlängd livslängd bör övervägas med hänsyn till såväl ekonomi som hållbarhetsperspektiv. Till detta skall läggas en ökad säkerhet och tillförlitlighet i trafiksystemet. Med bättre kunskap kan vid nybyggnation framtida problem undvikas. Dessutom minimeras resursanvändning av material och energi, och bidrar därigenom till en hållbar utveckling.

Exempel på projektidéer:

- Fallstudier där bärförmåga, säkerhet och funktion hos befintliga broar utvärderas
- Fullskaleförsök vid rivning av befintliga broar för att utveckla/kalibrera befintliga analysmetoder och antagna randvillkor för att kunna utvärdera hur väl de beskriver verkliga brottförlopp och vilka faktiska säkerheter som erhålls. Idén är alltså att stämma av hur realistiska de metoder är som vi använder oss av när vi bedömer befintliga konstruktioner. Vilken faktisk säkerhet har vi mot brott? Hur bra är våra metoder att förutsäga inverkan av typiska skador/nedbrytning?
- Tillståndsvärdering med avseende på förändringsgrad, nedbrytningsgrad/skador etc. hos befintliga konstruktioner och metoder för att kunna dra korrekta slutsatser om orsakssammanhanget bakom tidsberoende förändringar hos befintliga byggnadsverk.
- Översättning av observerad nedbrytningsgrad/skador hos konstruktioner till information som kan användas vid bedömningen av säkerhet och funktionsförmåga
- Prediktion av framtida skadeutveckling och därmed metoder för förutsägelse av utvecklingen av framtida säkerhetsnivå och funktion. Dessa metoder bygger främst på en förståelse av nedbrytningsmekanismer och dessas tidsförlopp i olika situationer.

A.3.3 Metodik för individuell bärighetsklassning av broar

Beskrivning av forskningsområdet:

Trafikverket vill kunna utnyttja broars bärighet så mycket som möjligt för att exempelvis färre tunga transporter ska nekas passage över broar eller för att begränsa antalet trafikavstängningar i samband med tunga dispenstransporter. Bärighetsutredningar av broar som utförs genom konventionella klassningsberäkningar är vanligen konservativa. Då en befintlig bro klassas enligt dagens regelverk och ägarens krav avseende tillåten boggikapacitet inte uppfylls kan denna därmed inbyggda säkerhet bli kostsam.

På senare år har användning av probabilistiska analyser börjat prövas eftersom dessa ofta möjliggör högre klassningsvärde. Till grund för en sådan analys utförs ibland trafikmätningar på bron så att verkliga axellaster kan utnyttjas istället för regelverkens konservativa lastmodeller. Olinjär FEM är ett kraftfullt verktyg som bedöms vara den metod som har den största potentialen för att identifiera ytterligare källor till bärförmåga vid bärighetsanalys av betongbroar. Beträffande studier av lasteffekt så är en vidare utveckling av mätning och registrering av trafiklaster med hjälp av belastningsgivare

placerade i och på bron. Utöver detta finns möjlighet framöver att utveckla metoder för att använda data från passerande fordon för detta ändamål.

Idén med detta forskningsområde är att vidareutveckla tekniken för individuell bärighetsklassning av broar baserad på verkliga axellaster, sidopositioner, fordonsbredder och dynamiska förstöringsfaktorer. Andra faktorer som kan beaktas är material- och styvhetsegenskaper fastställda för den aktuella konstruktionen in-situ genom mätning eller andra observationer. Genom avancerade strukturanalyser med t.ex. olinjär FEM kan bärigheten bestämmas på ett noggrannare sätt. Tekniken skall kunna användas för att ”klassa” befintliga broar som vid konventionell klassning inte ger önskad säkerhetsnivå. Forskningsområdet omfattar såväl väg- som järnvägsbroar.

Centrala forskningsfrågor:

- Hur kan man förbättra precisionen hos de lastmodeller som används i dag för att beskriva trafiklaster för vägar och järnvägar?
- Vilken säkerhetsfilosofi bör tillämpas för att verifiera bärighet och funktion hos befintliga broar med hänsyn till såväl ordinarie trafik som dispensfordon?
- Vilka modeller och analysmetoder behövs? Hur ska mätresultaten användas för uppdatering av beräkningsmodeller? Hur och vad ska mätas?
- Hur kan man fastställa relevanta hållfasthetsegenskaper och status för en befintlig konstruktion på ett sätt som kan utnyttjas vid fördjupad bärighetsklassning?
- Hur kan bärförmåga bestämmas för en partiellt skadad konstruktion exempelvis betongkonstruktion med delvis korroderad armering. Vad är återstående bärförmåga respektive prognostiserad återstående teknisk livslängd.

Potentiell samhällsnytta och implementering:

Befintlig infrastruktur representerar ett mycket stort värde i samhället. Stora besparingar kan uppnås om vi med större kunskap kan förlänga livslängden på befintliga broar och öka utnyttjandegraden bättre än vad vi kan åstadkomma idag. Med bättre kunskap om verkliga laster och konstruktioners tillstånd vid bärighetsklassning kan fler broar uppgraderas till högre axellaster och man undviker kostsamma förstärkningsåtgärder eller brobyten. Dessutom minimeras resursanvändningen vilket bidrar till en hållbar utveckling.

Resultat av projektet blir en förbättrad teknik som kan användas vid en individuell bärighetsklassning av broar. Implementering bör ske genom att metodiken för fördjupad bärighetsklassning sprids till branschaktörer genom vidareutbildning och skriven dokumentation.

Exempel på projektidéer:

- Hur stor är den verkliga dynamiska förstöringsfaktorn, DAF för typiska väg- och järnvägsbroar? Kan vi använda den s.k. “Assessment Dynamic Ratio”, baserad på verkliga mätta DAF?
- Utveckla mätmetoder för att kunna bestämma fordonens axellaster, sidoposition på bron och fordonens axelbredd.
- Ta fram typiska fördelningsfunktioner och karakteristiska värden för axellaster, axelbredder, sidopositioner och DAF som kan användas för probabilistiska analyser.
- Utveckla förenklade metoder för utvärdering av befintliga järnvägsbroars känslighet för tåg i höga hastigheter.
- Bättre förståelse för spårets olika komponenter som räl, sliper och ballast såväl som det kompletta spårets inverkan på dynamik, styvhet, lastspridning och dämpning hos befintliga järnvägsbroar.
- Bättre förståelse för asfaltens styvhetsbidrag vid låga temperaturer. Kan vi utnyttja detta och tillåta högre axellaster under vintrar?
- Användning av mätningar och befintliga broövervakningssystem för att erhålla data för en klassningsberäkning/modelluppdatering

- Uppdatering av beräkningsmodeller med mätningar på befintlig konstruktionen såväl som nyttjande av fordondata.
- Utveckling av olinjära analysmetoder och säkerhetsutvärdering för individuell bärighetsklassning av broar.
- Utveckling av metoder för att bedöma bärförmåga och prognostisera återstående teknisk livslängd för partiellt skadade broar och byggnadsverk.

A.3.4 Förebyggande underhåll

Beskrivning av forskningsområdet:

Intresset för förebyggande underhåll har långsamt vuxit i vårt land. För broar har andelen som avsätts till förebyggande brounderhåll successivt vuxit men frågan är ifall andelen ändå inte är för liten. Förebyggande underhåll har inte varit i fokus vilket resulterat i att små resurser hittills satsats på FOI inom detta delområde. Hypotesen är att ett ökat förebyggande underhåll skulle kunna leda till såväl längre livslängder som lägre livscykelkostnader och reducerade materialåtgång.

Centrala forskningsfrågor:

Vidareutveckling av förebyggande underhåll med fokus på följande konkreta frågor om de viktigaste egenskaperna, kravnivåer, kvantifiering av effekter, tidsaspekter, verifieringsmetoder, mätosäkerhet och incitament för genomförande.

Potentiell samhällsnytta och implementering:

Till skillnad från metoder för icke-förstörande provning så är forskningen kring förebyggande underhåll i sin linda. Hypotesen är att ett förbättrat förebyggande underhåll är ett kostnadseffektivt sätt att förlänga livslängden. En bedömning är att en satsning på detta delområde skulle kunna ge avsevärda positiva ekonomiska effekter.

Exempel på projektidéer:

- Vidareutveckling av förebyggande underhåll med fokus på följande konkreta frågor om vilka som är de viktigaste egenskaperna, kravnivåer, kvantifiering av effekter, tidsaspekter, verifieringsmetoder, mätosäkerhet och incitament för genomförande.

A.3.5 Rehabilitering, reparation och förstärkning

Beskrivning av forskningsområdet:

Området rehabilitering, reparationer och förstärkning kan beskrivas på följande sätt; Att reparera en konstruktion på ett sätt som återger konstruktionen fullgod funktion under lång tid är egentligen en mer komplicerad uppgift än att bygga nytt. Omfattande kunskap krävs nämligen när det gäller det komplexa samspelet, mekaniskt och beständighetsmässigt, mellan reparationsmaterial och konstruktion. Om reparationsområdet skall vidareutvecklas måste därför ökade kunskaper tas fram om hur nedbrytningsprocesser och mekanisk samverkan mellan reparation och konstruktion sker hos konstruktioner reparerade enligt olika principer.

God reparationsteknik kräver även att fuktförhållandena i en betongkonstruktion exponerad för olika miljöer kan förstås och beskrivas bättre än vad som är fallet i dag.

Ett viktigt exempel på det stora värdet av hittills genomförd forskning inom beständighetsområdet är hur ökad kunskap inom området armeringskorrosion medfört att konstruktioner byggda under de senaste decennierna har betydligt högre säkerhet mot alltför tidig start av armeringskorrosion än tidigare byggda konstruktioner.

Ett annat exempel på hur ökad kunskap och ny teknik tagits till vara på ett avgörande sätt är införandet i mitten av 1980-talet av Anläggningscementet och obligatorisk frostprovning inom anläggningsbyggandet. Broar som producerades tidigare fick i alltför många fall bristfällig frostbeständighet; kantbalkar frös sönder bara några få år efter det bron togs i bruk, övre delen av brobaneplattor under asfaltbeläggningen frös sönder på grund av salt- och fuktackumulering. Veterligen har så gott som inga broar byggda under den senaste 25-årsperioden några livslängdspåverkande frostsador. Detsamma gäller betongbeläggningar.

Det finns däremot många exempel på hur brist på kunskap kan medföra att konstruktionernas beständighet riskeras. Detta gäller exempelvis när alternativa bindemedel introducerats utan att några mer djupgående analyser av konsekvensen genomförts.

Trots all genomförd forskning återstår många oklarheter, inte minst när det gäller samspelet under lång tid mellan en reparation och den skadade konstruktionen. Det är framförallt kravet på ökad förståelse av nedbrytningsmekanismer och fuktförhållanden i samband med val av reparationsmetod och utveckling av bättre reparationsmetoder och reparationsmaterial som leder till ett behov av omfattande forskningsinsatser.

Ökade kunskaper inom reparationsområdet kommer även att kunna utnyttjas med framgång vid nyproduktion eftersom de medför att bättre och mera beständiga konstruktioner kan produceras. Följden blir att reparationsbehovet hos kommande konstruktioner på sikt bör minska.

Centrala forskningsfrågor:

- Metoder för rehabilitering/reparation och förstärkning av skadade konstruktioner så att önskade funktionskrav uppfylls.
- Metoder för värdering av olika reparationsmetoders lämplighet vid olika skadetyper, skadeorsaker och konstruktionsdelar. Utvärdering måste göras med avseende på främst faktorer som, livslängd hos reparerad konstruktion, bärförmåga hos denna, utförande av reparationen, miljöeffekter och ekonomi.
- Analys- och mätmetoder för att utvärdera nyttan med reparations- och förstärkningsarbeten.

Potentiell samhällsnytta och implementering:

Stora besparingar kan ske om rivning och nybyggande kan ersättas med rehabilitering, reparation och förstärkning av befintliga byggnader.

Exempel på projektidéer:

- Rehabilitering/reparation och förstärkning av skadade konstruktioner så att önskade funktionskrav uppfylls.
- Värdering av olika reparationsmetoders lämplighet vid olika skadetyper, skadeorsaker och konstruktionsdelar. Utvärdering måste göras med avseende på främst följande faktorer, livslängd hos reparerad konstruktion, bärförmåga hos denna, utförande av reparationen, miljöeffekter och ekonomi.
- Analys- och mätmetoder för att utvärdera nyttan med reparations- och förstärkningsarbeten och vilka livscykelkostnader som erhålls med och utan reparation.
- Utveckling av reparationsmetoder med högre grad av industrialisering.
- Bestämning av dimensionerade laster och påkänningar i reparerade betongkonstruktioner.

A.4 Utveckling av processer och industriellt tänkande

A.4.1 Processförbättringar

Industriellt tänkande:

Ett industriellt byggande skiljer sig från det traditionella sättet att producera byggnader och anläggningar. I stället för att varje enskilt byggprojekt planeras, projekteras och produceras med egna unika tekniska lösningar och metoder, utvecklas istället robusta och effektiva byggnadstekniska och processtekniska lösningar i en separat och systematisk utvecklingsprocess. Lösningarna och utvecklade metoder paketeras i mer eller mindre färdiga koncept som erbjuds kunden i det enskilda projektet.

Begreppet industrialisering har ofta debatterats. Många menar att genom industrialiserat byggande har den befintliga byggprocessen med inriktning mot produktion förändrats medan industriellt tänkande indikerar att hela byggprocessen och dess samtliga skeden har ändrats påtagligt jämfört med idag för att uppnå tydliga effektiviseringar. Vidare inkluderas även en förändring och utveckling av hela byggandets organisation. Andra hävdar att det inte är någon avgörande skillnad mellan begreppen och att det är mer relevant att diskutera i termer som fabrikstillverkning jämfört med platstillverkning, grad av förtillverkning, produktivitet och flexibilitet, standardisering i jämförelse med objektsinriktad produkt.

Inom tillverkningsindustrin är detta arbets- och förhållningssätt i form av så kallat "lean-thinking" etablerat och implementerat på bred front. Även inom byggbranschen finns ett antal exempel på där detta arbetssätt varit framgångsrikt men det rör företrädesvis husbyggnad både i form av nybyggnad och ombyggnad.

Det finns studier som påvisat goda möjligheter att även effektivisera och rationalisera anläggningsbyggandet i landet. Projekteringen har blivit effektivare, genom övergång till ett digitaliserat arbetssätt medan effekterna av detta inte kommit produktionsskedet till godo fullt ut på grund av avsaknad av metoder för ett digitalt informationsflöde genom hela processen.

Idag utförs i Sverige de flesta små och medelstora broar med relativt liten grad av systemtänkande, standardisering av byggdelar och komponenter och automatisering, medan i många andra länder tillämpas mer processinriktat industrialiserat brobyggande som har drivit fram innovation och ny teknik. Detta gäller även andra typer av byggnadsverk på anläggningssidan.

Helhetssyn:

Den tekniska utvecklingen som är nödvändig för att uppnå en effektiv industrialiserad process kräver en helhetssyn där alla delar i processen integreras. Detta omfattar alltifrån tidigt planerings- och programskede via projektering och byggande till överlämning till förvaltning. Vidare en systematisk erfarenhetsåterföring från sena skeden till tidiga. En digitaliserad process ses här som en möjlig "integrator" för att få en obruten informationskedja genom hela processen. Samspelet mellan alla dessa aspekter är ytterst viktigt för att uppnå utvecklade koncept för modernt anläggningsbyggande.

Vidare ger nya material och nya materialkombinationer som fiberkompositer, höghållfast stål, fiberarmerad betong, etc. nya möjligheter för effektiva konstruktionslösningar och produktionsmetoder med hög förtillverkningsgrad och snabbt montage. Detta leder i sin tur till processförbättringar som kan resultera i förbättrad effektivitet, kortare byggtid och förbättrad arbetsmiljö.

Kostnadseffektivitet:

Kostnadsökningen för infrastruktur är också väsentligt högre jämfört med många andra områden i samhället. Detta förhållande behöver förändras för att kunna möta kommande behov av såväl nybyggnation som underhåll. En viktig del i detta är en förbättring av nuvarande processer.

Traditionellt har man inom den konstruktionstekniska forskningen inte mer i detalj arbetat med kostnadsfrågor. Detta förhållande behöver förändras, se område A2.5.

Potentiell samhällsnytta:

Av ovanstående redogörelse framgår att en förbättrad kostnadseffektivitet såväl som förbättrad hållbarhet på genomförda projekt avseende byggnadsverk kan uppnås genom såväl förbättrade produkter vilket framgår av tidigare kapitel som processförbättringar. Sammantaget leder detta till positiva effekter för samhället.

Exempel på områden för projektidéer avseende processförbättringar:

- Industriellt tänkande i samtliga skeden från plan via projektering och byggande till förvaltning i integrerade digitala modeller och strukturer. Detta innefattar även så kallat virtuellt byggande där design och olika typer av analyser och kalkyl- och planeringsverktyg kan integreras i olika modeller.
- Utveckling av process för att möjliggöra ett sömlöst informationsflöde avseende byggnadsverk för hela processen med beaktande av kontraktuella aspekter såväl som krav på informationssäkerhet.
- En projekteringsprocess där god byggbarhet tidigt i processen blir en integrerad del i såväl kravställande som genomförande av projekteringen och där visualiserande arbetsberedningar kan skapas digitalt. Med god byggbarhet avses val av produktionsmetod men även att säkerställa god arbetsmiljö, säkerhet minimerad miljöpåverkan. Vidare innebär det strukturerad erfarenhetsåterföring från liknande förhållanden.
- Utveckling av konfigurerbara produkter i anläggningsbyggandet genom standardisering på olika nivåer från typbroar, via konstruktionsdelar till komponenter.
- Förbättring och utveckling av bygglogistik för att förbättra flödet av varor och produkter genom hela skedet från kravställning och inköp via tillverkning till utförande på byggplats. Vidare uppföljning av verifikat och tillhörande dokumentation.
- Framtagande av industriella strategier för förvaltning med brukarfokus

A.4.2 Tekniska lösningar för effektiv nyproduktion, reparation och underhåll

Förbättrade produktionsmetoder och byggsystem i kombination med förtillverkning av moduler och komponenter, projektering för standardisering och upprepning samt förbättrad projektstyrning och projektledning kan ge stora vinster i effektivitetshöjning, kortare byggtid och förbättrad arbetsmiljö.

Arbetsmiljöfrågor får större genomslag vid ett industriellt tänkande där processer och metoder i högre grad kan standardiseras och kvalitetssäkras. Här måste också affärs- och samverkansformerna utvecklas för att uppmuntra utvecklingen av innovationer och industriella lösningar.

För samhällets vidkommande leder detta till förbättrad såväl förbättrad kostnadseffektivitet som bättre möjlighet att möta krav på hållbara lösningar.

Exempel på projektidéer:

- Industriella metoder för betongbyggande såväl platsgjutna som prefabricerade samt en kombination av dessa.
- Brokoncept för snabbmontage och lansering av broar
- Modulbaserat koncept för broar av stål och betong etc.
- Hur byggbarhetsaspekter har hittills hanterats tidigt i projekteringsprocessen och hur en förändring kan ske. Vidare att se vilka eventuella hinder som föreligger.
- Vidareutveckling av produktionstekniska lösningar och metoder för att reducera kostnader för drift och underhåll inkl. reduktion av användarkostnader
- Att inhämta kunskap och erfarenhet från andra industrier med tillämpning mot ökad standardisering av både produkter och processer
- Simulering av produktionsmetoder kopplat till leverantörskedjor och entreprenadform
- Säkerställa verkning nära förståelse och funktion i digitala modeller och beräkningar
- Metoder och system för gemensam erfarenhetsåterföring inklusive databaser enligt Bygginnovationens effektivitetsmått
- Genomföra och utvärdera processer med successiv granskning med hjälp av BIM
- Utveckling av metodik för industrialiserat systemtänkande såväl strategiskt som mot konkreta byggprojekt
- Byggsystem för tunnelarbeten, speciellt koppling till automatiserad sprutbetong
- Utvärdering och användning av självkompakterande betong, kvarsittande formar, prefabricerad armering
- Robusta tekniklösningar för brobeläggningar
- Materialteknik för självvrenande och NOx-reducerande tunnelytor ger minskat underhållsbehov och minskade trafikstörningar.

A.4.3 Produktivitet utveckling av infrastruktur - funktionskrav, kvalitet och kostnad

Betydande förtjänster för såväl samhället som industrin finns vid utveckling av industrialiserat tänkande/byggande. Modularisering, standardisering, förtillverkning etc. av komplexa delsystem kan tillsammans med nya produktionsmetoder och en effektiv byggplatsorganisation ge stora ekonomiska förtjänster i form av effektivitetshöjning, bättre resursutnyttjande och förbättrad kvalitet.

Förutom de ekonomiska förtjänsterna innebär industrialiserat tänkande/byggande och nya affärsmodeller baserade på dessa ett ökat fokus på brukarkrav som kortare byggtider och mindre aktiviteter på byggarbetsplatsen vilket bidrar till bättre arbetsmiljö, förbättrad säkerhet och minskad inverkan på den omgivande miljön som buller, avgaser etc.

Exempel på projektidéer:

- Utveckling av metoder för utformning av tekniska funktionskrav samt verifiering av dessa, Se även A2.3
- Mätmetoder för produktivitet
- Kvalitetsstyrning vid utformning och byggande av byggnadsverk baserat på industriellt tänkande.
- Teknisk metodutveckling i samarbete med branschen för att finna nya innovativa lösningar, som klarar de samhällsliga funktionskraven, utan att behöva vara styrda av nuvarande regler.
- Strukturerat produktivetsarbete för effektivisering av byggprocessen inklusive plan- och projekteringsprocessen med fokus på att möta såväl kontraktuell som kundupplevd kvalitet

- Inkludera LCA i analyser av infrastruktur. Viktigt ur såväl hållbarhets- som produktivitetsspekter.

A.4.4 Tekniska lösningar för minimering av trafikstörningar

Tekniska lösningar för minimering av trafikstörningar är ett angeläget område.

Projektförslag som även beaktar denna aspekt framgår av kap. A2 och A3 såväl som ovanstående delar av detta kapitel.

A.5 Kompetensutveckling

Kompetensutveckling är en nyckelfråga vid effektivisering av transportsystemet. All personal som skall implementera och använda nya metoder och processer behöver bakgrundskunskap för att förstå och rätt tillämpa forskningsresultat och innovationer. Nedan redovisas några områden hämtade från Bilaga 1 där insatser för kompetensutveckling är särskilt angelägen.

Utöver detta framgår lämpliga områden för kompetensutveckling av de projektförslag som redovisas i kap. A2- A4.

- Projektering i tidiga skeden – Tidiga skeden i planering av olika förändringar i trafiksystemet har stor påverkan på kostnad och hållbarhet. Ökad kunskap från ett helhetsperspektiv om metoder, processer, livscykelanalyser etc. kan här ge stora ekonomiska, miljömässiga och arbetsmiljömässiga vinster
- Dimensionering/detaljprojektering av broar – Ett tekniksifte har sedan flera år ägt rum beträffande systemberäkningar. De har tidigare huvudsakligen baserats på balkteori och ramanalys men har nu övergått till att baseras på platt- och skalteori och beräkningarna sker i ökad grad med digitala metoder. Ökad kompetens om beräkningsförutsättningar och tolkningsmöjligheter är nödvändiga för att skapa optimala konstruktioner. Vidare behövs ökad kompetens inom området att optimera konstruktioner med avseende på ett flertal områden som teknisk lösning, byggkostnad, klimatpåverkan, omgivningsmiljö, social hållbarhet etc.
- Processer för kvalitetsstyrning genom hela processen så att den stegvisa principen att ”göra rätt från början” uppnås.
- Etablering av ett arbetssätt där projektering och byggande baseras på ”teknisk plattform” och modularisering och standardisering kan ske på skilda nivåer som byggnadsverk, byggdel, komponent etc. beroende vilken flexibilitet som avses att uppnås.
- Processer och metoder för effektiv kvalitetssäkring och granskning av datorbaserade analyser behöver utvecklas och implementeras
- Processer för formulering av funktionskrav samt uppföljning, verifiering och validering av dessa.
- Produktionsteknik och utförandefrågor – Kompetensutveckling beträffande nya byggmetoder i ett Lean perspektiv, där projektering skett för hög byggbarhet, kommer att ha stor inverkan på framtida industrialiseringsprocess
- Tillståndsbedömning, reparation, prestandahöjning, förstärkning och underhåll av befintliga konstruktioner - Andelen befintliga konstruktioner ökar och kunskap om metoder för att bedöma tillstånd och behov av reparation, förstärkning och underhåll är väsentliga för att kunna välja kostnadseffektiva och hållbara åtgärder.
- Logistiska frågor rörande transporter i hela värdekedjan
- Erfarenhetsåterföring och avvikelshantering – Tillämpning av nya projektmodeller i kombination med systematisk avvikelshantering som grund för ständiga förbättringar för att ta till vara erfarenheter och lära av de misstag som görs

- Implementering av forskningsresultat – Inom alla forsknings- och utvecklingsprojekt bör en plan finnas för hur resultaten skall implementeras
- Utveckling av framtida ingenjörutbildningar med tanke på branschens förändring med ökat fokus på hållbarhet och arbete i en digitaliserad miljö
- Metoder för hur kunskap på ett systematiskt sätt kommer till del, dels i grundutbildningar såväl som i successiv kompetensutveckling hos praktiserande ingenjörer är av yttersta vikt. En utveckling av sådan systematik betonas särskilt
- Kontraktuella förutsättningar och aspekter för att kunna införa strukturerad form för hantering av behörighet och certifiering av utförare. Med utförare kan avses såväl företag som personer. Detta avser hela processen som projektering, produktion med flera steg.