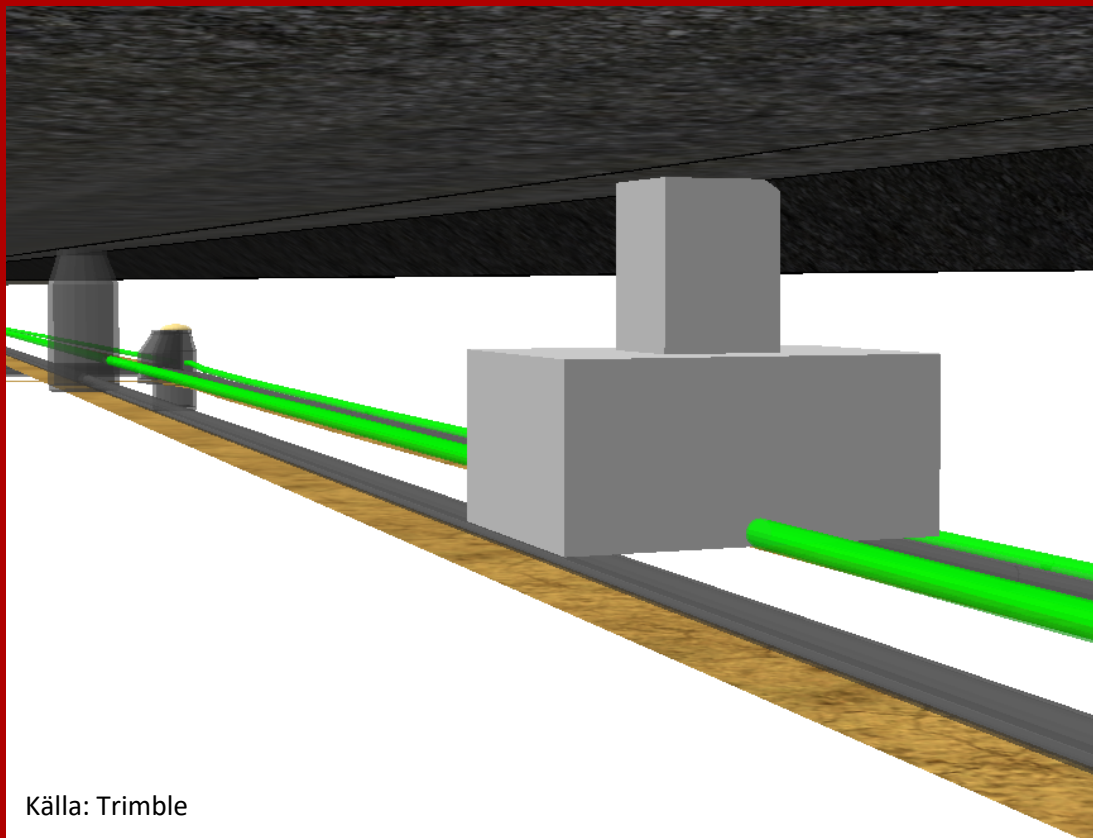


RAPPORT

Kvalitet & Digitala Modeller

En kartläggning av kvalitetssäkring och kvalitetskontroll
(AP1 Delleverans)



Källa: Trimble

Trafikverket

Postadress: 405 33 Göteborg

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Kvalitet & Digitala Modeller - En kartläggning av kvalitetssäkring och kvalitetskontroll

Författare: Petra Bosch-Sijtsema, Susanne van Raalte

Dokumentdatum: 2021-09-17

Ärendenummer: 7204

Version: 1.0

Kontaktperson: Susanne van Raalte

Publikationsnummer:

ISBN

Innehåll

Innehåll.....	4
1 Inledning.....	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte och mål.....	7
1.3 Avgränsning.....	7
1.4 Läsinstruktion.....	8
2 Metodik.....	8
3 Begrepp inom kvalitetsområdet.....	9
3.1 Kvalitet	9
3.2 Kvalitetsbegrepp.....	10
3.2.1 Kvalitetsstyrning	10
3.2.2 Kvalitetssäkring	10
3.2.3 Kvalitetskontroll	11
3.2.4 Kvalitetsinspektion.....	11
4 Standarder.....	11
4.1 ISO 9000/9001 - Kvalitetsledningssystem.....	12
4.2 ISO 19650 - Informationshantering över livscykeln	12
4.3 ISO 19157 - Geodatakvalitet	13
4.4 IFC - ett öppet format för digitala modeller	13
4.5 BCF - ett öppet kommunikationsformat	14
4.6 RAMS och GOP - systemkvalitet och godkännande	14
5 Kvalitetssäkring i Trafikverket.....	15
5.1 Planering och åtgärder av väg och järnväg	15
5.2 Kravställning och kravhantering.....	16
5.2.1 Vad är ett krav?	16
5.2.2 Arbets sättet systematisk kravhantering.....	16
5.2.3 Kravställning och typer av krav	17
5.2.4 Kravdatabas Doors NG	20
5.2.5 Uppföljning av krav och kvalitet på produkt.....	21
5.3 Kvalitetssäkring och kvalitetskontroll	22
5.3.1 Process för kvalitet i ledningssystemet - XLPM metodik.....	22
5.3.2 Organisation – stöd för kvalitetssäkring	23

5.3.3	Typer av kvalitetskontroller.....	24
5.3.4	Produkt - vad kontrolleras?	26
5.3.5	Automatiska kvalitetskontroller.....	28
6	Kvalitetssäkring hos tekniska konsulter.....	29
6.1	Kvalitetssäkring och kvalitetskontroll (väg och järnväg)	29
6.1	Organisation för kvalitetssäkring.....	30
6.2	Automatiska kvalitetskontroller	31
7	Reflektion över kvalitetskontroller enkätsvar	32
8	Exempel på effektivare kvalitetssäkring	34
8.1	ERTMS - objekttypsbibliotek för signalsystem järnväg.....	35
8.2	D-CAT - metoder för spårbarhet av funktionella krav	35
8.3	E39/V440 - maskinläsbar klassificeringsmanual för broregistrering	36
8.4	SIMBA - maskinläsbar kravdatabas för husbyggnad.....	36
8.5	Nya stambanor - kravdatabas för objektorienterad information.....	37
8.6	HDMI - process för överlämning av anläggningsinformation	37
8.7	Samtidig plan og projektering - integrerat arbetssätt för samverkan	38
8.8	MIA – Modellorienterat Integrerat Arbetssätt.....	38
8.9	Real Estate Core - gemensamt språk för delning av data	39
8.10	KIM - transparent kravutveckling med branschen	40
8.11	Project Quality Index (PQi)	40
9	Beställarroll - värdeskapande och aktiv kvalitetsstyrning	40
10	Sammanfattning och konklusion.....	42
11	Fortsatt arbete	45
	Referenser	46

1 Inledning

Denna kartläggning är en del i ett större forskningsprojekt där Chalmers, Trafikverket, Sweco, Norconsult och Trimble medverkar. Forskningsprojektet *Integrerad kvalitetssäkring och automatiserad kvalitetskontroll i komplexa projekt*, syftar till att undersöka kvalitetssäkring och kvalitetskontroll för att kunna utveckla, testa och utvärdera en mer effektiv process för kvalitetssäkring och beslutsfattande kopplat till användande av digitala objektorienterade informations- och anläggningsmodeller. Projektets mål är att studera möjliga förbättringar och effektivisering av kvalitetssäkringsprocessen samt automatisering av vissa delar. Vid projekt slut ska projektet redovisa förutsättningar och rekommenderade åtgärder som bedöms som viktiga för att uppnå tydlig effektivisering vid kvalitetssäkring och automatisering avseende kvalitet, tid och kostnad.

Denna rapport är en första leverans i forskningsprojektet och redovisar en kartläggning över hur kvalitetssäkring och kvalitetskontroller genomförs idag hos olika organisationer i Sverige; Trafikverket som beställare och tekniska konsulter som leverantörer. Erfarenheter samlas och redovisas vad gäller framtagande av kravställning, arbete med kvalitetssäkring och automatisering. Den är även ett underlag för att ta fram en behovsbild över identifierade förutsättningar för framtida implementering. Forskningsprojektet tillvaratar även de rekommendationer som framkommit i de föregående studier som gjorts inom området där integrerade arbetssätt utgör ryggraden (FoI 1: *BIM, integrerade arbetssätt och samverkan - för ökad kvalitet och innovation i stora komplexa projekt* (2017) och FoI 2: *Modellorienterat integrerat arbetssätt för bättre samverkan i komplexa projekt* (2020).

1.1 Bakgrund

Kvalitetssäkring är en viktig del för hela byggbranschen, men enligt Karlsson (2020) finns det stora brister i branschen (bygg- och anläggningsbranschen) avseende kvalitetsstyrning. Uppkomst av kvalitetsbrister är ofta relaterade till bristande tillämpning av kvalitetssystem och arbetssätt. En tydligare kvalitetssäkringsprocess, arbetssätt men också digitalisering kan påverka kvaliteten på slutprodukten.

Bygg- och anläggningsbranschen står inför en fundamental omvandling med digitaliseringen som den drivande kraften. Projekt inom bygg- och anläggningsbranschen ökar i komplexitet, och blir mer och mer specialiserade. Ökad komplexitet är känt som den främsta orsaken till att projekt misslyckas i att uppnå mål att leverera i rätt tid, till rätt kostnad och önskad kvalitet. Det finns stora effekter att vinna med digitalisering och BIM kopplat till projekterings- och byggprocessen. BIM ses ibland som en katalysator för förändring (Bosch-Sijtsema m fl., 2017). En styrd, kvalitetssäkrad och effektiv hantering av information om anläggningen kan rätt hanterat bland annat lämna ett ökat utrymme för innovation. Med hjälp av digitala modeller finns möjligheter till ökad förståelse för designlösningar och projekt i sin helhet. Modeller kan bidra till att öka samarbetet mellan bland andra teknik- och miljöspecialister samt underlätta att hitta innovativa och bättre lösningar. Att enkelt kunna identifiera och kontrollera att krav är uppfyllda är av stor vikt i multidisciplinära bygg- och anläggningsprojekt som ofta är komplexa och har många osäkerheter. Här anses BIM vara användbart för att bland annat förbättra kvaliteten genom att eliminera konflikter och minska omarbetningen (Chen och Luo, 2014). En genomgång av forskning från Häussler och Borrmann (2020) visar att det finns lite forskning på modellbaserad kvalitetssäkring av infrastruktur i plan skedet. Forskningen har främst fokuserat på enskilda regelklasser och är inte integrerade i ett övergripande kvalitetssäkringskoncept.

I ett tidigare forskningsprojekt, *Modellorienterat integrerat arbetssätt för bättre samverkan i komplexa projekt* (2020), drogs slutsatsen att kvalitetssäkring och kvalitetskontroll är ett viktigt område att studera vidare (Bosch-Sijtsema, van Raalte, Carlstedt 2020). I studien presenterades resultat som att vissa kvalitetskontroller med fördel kan automatiseras och att det finns många tekniska möjligheter idag, men att det saknas enhetliga arbetssätt, strukturer och regelverk. Därför är det viktigt att få inblick i vem som hanterar och utför granskningen, när den genomförs, baserat på vilka regler och på vilket sätt som kvaliteten kontrolleras (Bosch-Sijtsema, van Raalte, Carlstedt 2020). Rapporten visar också att Trafikverket har börjat, inom verksamhetsområde Stora Projekt, med successiv uppföljning inom ramen för kvalitetssäkring för att effektivisera traditionell granskning och få en högre kvalitet och samtidigt ge leverantören en trygghet i att de är rätt ute i sin utredning eller projektering. Rapporten pekar på att kvalitetssäkring sker bland annat genom egenkontroll, och i komplexa projekt genom samgranskningsmöten där man kontrollerar designen (innehållet) och modellen (struktur) (Bosch-Sijtsema, van Raalte, Carlstedt, 2020). Ett integrerat arbetssätt för kvalitetssäkring är en annan metod som används i samverkansprojekt. Ett integrerat arbetssätt, som stödjer kommunikation och samverkan mellan olika parter i projekt, uppstår ur en kombination av ett fungerande informationsflöde/informationssystem, en anpassad organisation, en tydliggjord och detaljplanerad arbetsprocess och med stöd av BIM.

1.2 Syfte och mål

Det finns ett behov av att ge en överblick över hur kvalitetssäkringsprocessen och kvalitetskontrollen genomförs. Kvalitetskontroll är efterfrågat i alla faser, av alla aktörer i byggprojekt och är framförallt viktigt för beställaren, leverantören men också mjukvaruleverantörer.

Genom att få en tydlig bild av kvalitetskontroller kan man få en inblick i de kvalitetssäkringsprocesser som är generiska och vilka moment som kan automatiseras. Automatisering av kvalitetskontroller underlättar för alla aktörer och frigör tid för innovation och bättre lösningar. För att kunna använda BIM och digitala modeller i hela branschen, över företagsgränser och byggskede har standarder och öppna filformat lyfts upp som viktiga komponenter. En viktig förutsättning för att kunna automatisera vissa kontroller och processer är därför användningen av klassificering och standarder exempelvis ISO19650 samt vad krävs för att kravställa ett nytt format och öppna filformat såsom BCF och IFC (Industry Foundation Classes) (BuildingSmart, 2019) och testa hur väl dessa filformat fungerar för kvalitetskontroll.

Syftet med första delprojektet är att genomföra en kartläggning av nuvarande process för leveranser, kvalitetssäkring och kravhantering inom projekteringsfasen, både hos Trafikverket och leverantören. Här identifieras även möjliga förbättringar och effektiviseringsvinster inom kvalitetssäkringsprocessen i form av exempel.

Målgruppen för rapporten är främst för personer som arbetar med kvalitetssäkring och kontroll i samband med digitala modeller, t ex kvalitetsansvarig, BIM, projektledning, teknik- och miljöspecialist.

1.3 Avgränsning

Projektet fokuserar endast på planerings- och projekteringsfasen och tar inte med produktionsfasen (vilket utesluter entreprenörens kvalitetssäkring). Projektet handlar om kvalitetssäkring med fokus på själva produkten och leverans av denna. Centralt är de digitala modellerna och exempel på stöd för kvalitetskontroll. Fokus på digitala modellerna och kvalitetskontroller av produkter är viktiga för fortsättningen av projektet. Därför bortses här

från ett antal andra aspekter som kvalitetssäkring av processer liksom påverkan av olika affärsmodeller och kontrakt. I tidigare projekt och rapporter har vi diskuterat projekteringsmetodik och hänvisar därför till dessa rapporter vad gäller detta (se Bosch-Sijtsema et al., 2017; 2020). Vid studier av kvalitetssäkring kommer riskhantering naturligt upp som ett ämne, men berörs inte i detalj i denna rapport. Rapporten är främst en kartläggning över hur kvalitetssäkring utförs inom anläggningsbranschen och går inte in i detalj på hur man genomför kvalitetskontroller.

Projektet har fokuserat främst på Sverige och delvis på Norden.

1.4 Läsinstruktion

Kapitel 2 tar upp metodiken för kartläggningen. Kapitel 3–4, om begrepp och standarder, ska ses som en ingång till de mest grundläggande förutsättningarna vad gäller kvalitet inom planläggning och byggande av väg och järnväg. Kapitel 5–6 är tänkt att de ger en bild över hur kvalitetssäkring och kravställning ser ut hos Trafikverket och tekniska konsulterna. Kapitel 7 tydliggör användning och vetenskap om olika typer av kvalitetskontroller utifrån den enkät som genomförts. Kapitel 8 syftar till att, genom kort beskriva olika projekt, identifiera goda initiativ och exempel på stöd för kvalitetssäkring och automatiserade kvalitetskontroller. Kapitel 9 diskuterar en värdeskapande, utvecklad, och aktiv kvalitetsstyrning med en utvecklad beställarroll. Kapitel 10 tar upp en sammanfattning av kartläggningen och identifierar behov och förutsättningar som input till fortsatt arbete inom forskningsprojektet. Rapporten avslutas med referenser och en ordlista.

2 Metodik

Denna rapport kartlägger kvalitetssäkringsprocessen utifrån produkt, teknik, organisation och process. Följande datainsamlingsmetoder har använts för kartläggningen.

Intervjuer med beställarorganisationer i Sverige och Norge samt teknikkonsultföretag inom väg och järnväg i Sverige (totalt 12 intervjuer).

Projektmöten varje månad där presentationer från flera medlemmar men också externa föredragshållare inom relaterade ämnesområden ges, där diskussioner om problematik men också var beslut fattas om vilka kvalitetskontroller som ska prioriteras för automatisering och test.

Brainstorm workshop inom projektet med projektmedlemmar. I workshopen diskuterades utmaningar och möjligheter med automatisering inom kvalitetssäkringsprocessen samt vad som bör studeras vidare. Workshopen kom fram med en önske- och prioriteringslista.

Enkät till Trafikverket och tekniska konsulter under perioden januari-februari 2021. En enkät skickades via en länk till personer som arbetar med kvalitetssäkring och kvalitetskontroller inom anläggningsprojekt så som teknik- och miljöspecialist, datasamordnare, BIM-specialist, projekt- och projekteringsledare, teknikansvarig, projektör och konstruktör och kvalitets-specialister inom beställar- och konsultorganisationer i Sverige. Inom beställarorganisationen skickades enkäten till enhetschefer och projektchefer för distribution, av länk till enkät, inom deras projekt och enheter. För konsulterna skickades enkäten via en e-postlista med 58 adressater och därifrån vidare internt inom de företag som är del i projektet. Enkäten öppnades 11-02-2021 och stängde den 05-03-2021. Totalt svarade 189 och varav 151

svarade på hela enkäten (fullföljande var 79%). Respondenter bestod av 74 tekniska konsulter (40,66%) och 108 från beställaren (58,79%). Respondenterna arbetar inom olika verksamhetsområden, se bild 1. 81 svar kom från de som arbetar inom väg (38%), och 113 från järnväg (54%) samt 15 svar från respondenter som arbetar inom ett annat område (7%) såsom miljö, arbetsmiljö, tunnlar, broar etc. (se bild 1).

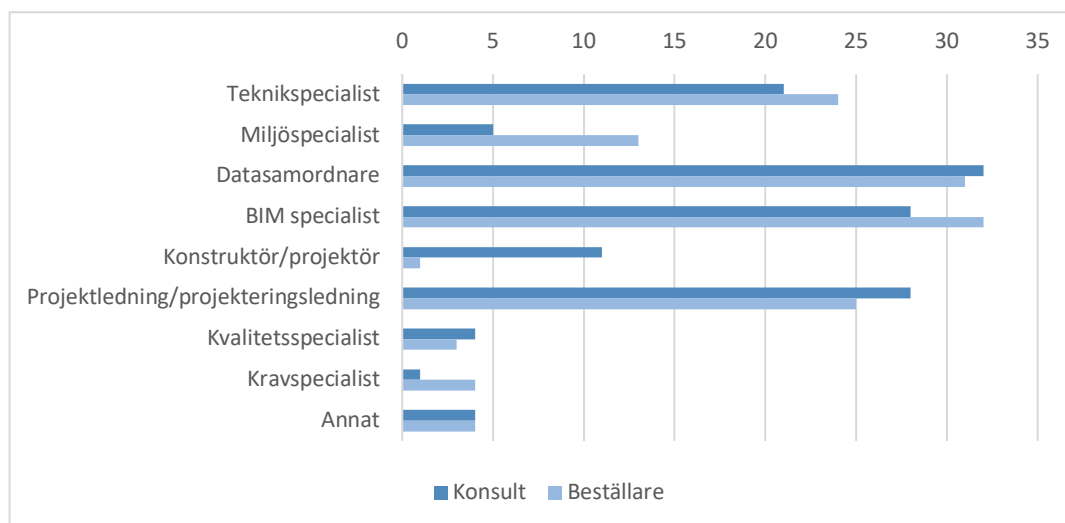


Bild 1. Vilket kompetensområde arbetar respondenter från enkäten inom (Skala: antal svar).

Inom litteraturstudien studerades olika typer av akademisk litteratur men också projekt- och forskningsrapporter samt deltagande i webbföredrag angående IFC, hållbarhet och projekt-presentationer kopplade till automatisering.

Webbkonferenser: Trimble användarträff 2020 och Den kloke teknologin 2020.

3 Begrepp inom kvalitetsområdet

Kvalitetsområdet är ett viktigt område inom anläggningsbranschen men även om alla diskuterar kvalitet så finns det olika begrepp och definitioner som används. I det här kapitlet förklaras och definieras de viktigaste kvalitetsbegreppen som är relevanta för branschen.

3.1 Kvalitet

Kvalitet är ett svårt begrepp att definiera. Kvalitet definieras enligt internationell standard som: i vilken grad en uppsättning inneboende egenskaper uppfyller kraven, dvs. behov eller förväntningar som anges, allmänt underförstådda eller obligatoriska (ISO 9000: 2000). Inom byggbranschen definieras kvalitet på en produkt som en byggnadskonstruktion som uppfyller alla avtalsenliga krav till optimal kostnad och tid (Chung 2002). Inom managementområdet för kvalitet ses kvalitet som både en överensstämmelse med krav men också en fokus på kunden (intressenter) (Gremyr et al. 2020). Till exempel Bergman och Klefsjö (2012) definierar kvalitet som att kvaliteten på en produkt (artikel eller tjänst) är dess förmåga att tillfredsställa eller helst överträffa kundernas behov och förväntningar.

”the fulfillment of project responsibilities in the delivery of products and services in a manner that meets or exceeds the stated requirements and expectations of the owner, design professional, and constructor.” (P. Xv, Quality in the constructed project (2000) by American Society of Civil Engineers ASCE).

Sammanfattningsvis så kan kvalitet definieras av en produkts (artikel eller tjänst) egenskaper som uppfyller och överensstämmer med krav, behov och förväntningar, både obligatoriska och underförstådda, samt dess förmåga att tillfredsställa och överträffa krav, behov och förväntningar utifrån optimal lösning, tid och kostnad.

3.2 Kvalitetsbegrepp

3.2.1 Kvalitetsstyrning

Ett kvalitetsledningssystem är ett verktyg för ledningen att leda verksamheten och stötta medarbetarna i det arbete som görs (ISO 9001:2015/ SS-EN ISO 9001:2015). Det kan inkludera upprättande av kvalitetspolicyer, kvalitetsmål och processer för att uppnå dessa kvalitetsmål. Det kan ske genom arbetssätt för kvalitetsplanering, kvalitetssäkring, kvalitetskontroll och kvalitetsförbättring (ISO 9000:2015). Ämnet quality management (QM)/kvalitetsledning fokuserar på tre grundläggande principer: kundfokus, kontinuerlig förbättring och lagarbete (Gremyr et al., 2020). En organisation ska planera, införa och styra och kontrollera de processer som behövs för att uppfylla krav på att tillhandahålla produkter och tjänster (ISO 9001:2015).

Inom Trafikverket definieras kvalitetsstyrning som: att styra med olika metoder, arbetssätt och strategier för ständig förbättring och för att uppnå rätt kvalitet och uppfyllande av ställda krav (TDOK 2016:0032 Kvalitetsstyrning i upphandlad verksamhet - Entreprenad och Projekteringstjänster, version 6.0).

Kvalitetsstyrning är styrning av kvalitet genom olika metoder, arbetssätt och strategier för att uppnå kvalitet, uppfyllandet av ställda krav och ständig förbättring.

3.2.2 Kvalitetssäkring

Kvalitetssäkring (Quality Assurance – QA): en organisation måste upprätta och underhålla ett kvalitetsledningssystem i sin dagliga verksamhet. Ett kvalitetssystem innehåller en uppsättning dokumenterade procedurer för de olika processerna som utförs av organisationen. QA är inriktat på att förebygga kvalitetsbrister och syftar till att minimera risken för att göra misstag i första hand och därigenom undvika behovet av omarbetning, reparation eller avslag (Chung, 2002).

Kvalitetssäkring är preventiv, processorienterad och innefattar planerade och systematiska aktiviteter.

3.2.3 Kvalitetskontroll

Kvalitetskontroll (Quality Control - QC) är den del av kvalitetsstyrning som fokuserar på att uppfylla kvalitetskrav med hjälp av operativa tekniker och aktiviteter. Kvalitetskontrollen som verifierar innehåll, struktur och designlösningen definieras av kvalitetssäkringens process och aktiviteter. Det är ett system för att bestämma vad man ska kontrollera eller granska, hur man kontrollerar och hur ofta man ska kontrollera. Kvalitetskontroll är processen att övervaka och registrera resultat som att utföra kvalitetsaktiviteter för att bedöma prestanda och rekommendera nödvändiga ändringar (Hashim & Salah, 2013).

Kvalitetskontroller är preventiva, är produktorienterade (inte processorienterad), identifierar risker och fel, söker problem och eliminerar dem.

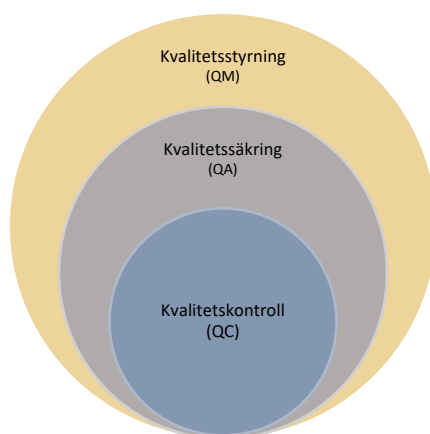


Bild 2 - Schematisk illustration över kvalitetsstyrning

3.2.4 Kvalitetsinspektion

Kvalitetsinspektion (Quality Inspection) är enligt ISO 9000 en bedömning för att kontrollera att specificerade krav stämmer överens eller ej. Efter produktion krävs att produkten utför vissa funktioner. Processen för att kontrollera om produkten gör det eller inte kallas inspektion. Om resultatet av en inspektion visar överensstämmelse kan det användas för verifiering. Resultatet av en inspektion kan vara: överensstämmelse eller avvikelse eller en viss överensstämmelse.

Kvalitetsinspektion är en process för att kontrollera att en tillverkad produkt är godtagbar.

4 Standarder

Diskussionen om standarder ska ses som en ingång till de mest grundläggande förutsättningarna vad gäller kvalitet inom planläggning och byggande av väg och järnväg. För att kunna automatisera vissa kontroller och processer blir det viktigt att använda standarder såsom ISO19650 och öppna filformat¹ som IFC Infra (BuildingSmart, 2019) och BCF. Även klassificering och kodning av objekt är en betydelsefull förutsättning men är inget som tas upp i denna övergripande kartläggning.

¹ Trafikverket tittar idag på hur denna standard och öppna filformat som IFC ska tillämpas.

4.1 ISO 9000/9001 - Kvalitetsledningssystem

Den internationella standarden för kvalitetsledningsområdet är ISO 9000. Standarden består av fyra standarder: ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004 och ISO 9011. Där ISO 9001:2015 är en kravstandard som beskriver hur ett kvalitetssystem bör vara uppbyggt. Ett ledningssystem/kvalitetssystem bygger på åtta principer som påminner om hörnstenarna i QM, som beskrevs tidigare. De grundläggande principerna är kundfokus, ledarskap, medarbetarnas engagemang, processinriktning, systemangreppssätt för ledning, ständig förbättring, faktabaserade beslut och ömsesidigt fördelaktiga relationer till leverantörer. Grundtanken med ett kvalitetsledningssystem är att det kontinuerligt ska bidra till att stötta utveckling och förbättring av bland annat organisationens metoder och processer. Ofta krävställer därför beställaren att leverantören ska använda sig av ett kvalitets-system och ISO 9001 är en standard som organisationer även kan certifiera sig mot.

4.2 ISO 19650 - Informationshantering över livscykeln

ISO 19650-standarderna² är en internationell standard för att hantera information över hela livscykeln med hjälp av byggnadsinformationsmodellering (BIM). År 2018 publicerades de första två i standardserien; ISO 19650-1/2. Standarden innehåller följande publikationer:

- ISO 19650-1: *Concepts and principles* (2018)
- ISO 19650-2: *Delivery phase of the assets* (2018)
- ISO 19650-3: *Operational phase of the assets* (2020)
- ISO/WD 19650-4: *Information Exchange* (under utveckling)
- ISO 19650-5: *Security-minded approach to information management* (2020)

ISO 19650-serien drar nytta av ett systematiskt synsätt på kvalitet inom en organisation. Standarden, ISO 19650, är utvecklad enligt ISO 9001 och innehåller principerna: plan-do-check-act som är känd från kvalitetsfältet. ISO 19650 kräver implementering av kvalitetskontroller när projektdata övergår från en status till en annan, dvs. från pågående arbete till delad eller från delad till publicerad. Enligt Häussler och Borrman (2020) genomförs grundläggande modellkvalitetskontroller redan idag, främst inom ramen för modellkoordinering och dataöverlämnande till klienten. De tillämpade testerna är dock begränsade till grundläggande kollisionsdetektering och enkla kontroller för tillhandahållande av de attribut som krävs av klienten. Enligt Häussler och Borrman (2020) finns det ingen "best practice" på hur man implementerar kontroller på hög nivå av 4D (geometri + tid) och 5D (geometri + tid + kostnader).

CEN/TC442 BIM

CEN är en europeisk standardiseringsorganisation och som stödjer arbetet med europeisk BIM standardisering och ISO 19650 genom deras tekniska kommittéer (TC). Målet för CEN/TC442 BIM är att specificera olika metoder för att definiera, beskriva, utbyta, övervaka, registrera och säkert hantera tillgångsdata, semantik och processer med länkar till geospatiala data och annan extern data som andra TC kan utgå ifrån. TC442 BIM tar fram förklarande och förtydligande dokumentation, s.k. tekniska rapporter (TR). Deras dokument EN 17412-

² Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling - Information management using building information modelling

1:2020 *Building Information Modelling - Level of Information Need, part 1-4* stödjer till exempel ISO 19650-4 genom att beskriva metoder och nivåer för informationsleveranser. Samarbete med andra kommittéer som exempelvis TC287 GIS vad gäller geospaciala data, är också av stor betydelse.

4.3 ISO 19157 - Geodatakvalitet

Standarden ISO 19157 geodatakvalitet beskriver datakvalitetsegenskaper relevanta för geodata. Standarden tar upp olika metoder för att ange kvantitativa bestämningar av geodata som kallas datakvalitetsmått. En svensk handledning är framtagen, SIS/TK 323³ Geodata, för att förstå den internationella standarden för geodatakvalitet: SS-EN ISO 19157:2013 Geografisk Information - Datakvalitet. Kvalitet ses här som hur väl krav och förväntningar uppfylls.. Enligt SIS/TK 323 är syftet med ISO 19157 att ”tillhandahålla principer för att beskriva kvaliteten hos geodata och begrepp för hantering av kvalitetsinformation för geodata, samt att ge ett konsekvent och standardiserat sätt att avgöra och redovisa en datamängds kvalitetsinformation”. Syftet är även att ge riktlinjer för utvärderingsmetoder för kvantitativ kvalitetsinformation för geodata.

Standarden SS-EN ISO 9000:2015 ligger till grund för datakvalitetsstandarder och beskriver principer och terminologi centralt i arbetet runt kvalitetsledning. ISO 19131 specifikation av datamängder och ISO 19115 Metadata för geodata har en särskild koppling till ISO 19157 standarden.

4.4 IFC - ett öppet format för digitala modeller

För att kunna använda BIM och digitala modeller i hela branschen och över företagsgränser och byggfaser har standarder och öppna filformat lyfts upp som viktiga komponenter. Industry Foundation Classes (IFC) (buildingSMART, 2019) är BIM-standard som syftar till att överbrygga klyftan mellan olika discipliner inom samhällsbyggnadsbranschen. IFC är ett öppet format som inte kontrolleras av en leverantör eller grupp, utan används av branschen för att dela data oavsett vilken programvaruplattform de använder. Det är ett objektbaserat filformat med en datamodell utvecklad av den internationella organisationen buildingSMART.

IFC är registrerat som en officiell internationell standard: ISO 16739-1:2018 och har använts i branschen ett bra tag. Det finns två stora utmaningar för IFC. IFC har tidigare fokuserat specifikt på byggnader och har därför ett begränsat stöd för infrastrukturelement och Informationsutbytet syftar huvudsakligen till att beskriva byggfasen (Floros et al., 2019).

IFC Infra

Under hösten 2019 har IFC Infra (bro, väg och järnväg) som stödjer infrastruktur, publicerats (buildingSmart, 2019). Det finns idag ingen kravställning på formatet och det är få projekt som har testat formatet reellt. IFC standarden för infrastruktur arbetas fram inom buildingSMART och i en av standardiseringsgrupperna; *Infrastructure Room* eller *InfraRoom* utökar man IFC-schemat för användning inom anläggningsprojektering. Sverige och Trafikverket är med i denna standardiseringsgrupp. Under 2018 skapades en ny standardiseringsgrupp för

³ www.sis.se/tk323

järnväg, *RailRoom*. Den har som uppgift att ta fram delar för järnväg i IFC5. Trafikverket är medfinansierare och aktiv deltagare i projektet⁴.

Målbilden för Trafikverket är att IFC 4.3, inom de närmsta 5 åren, kommer att bli den första öppna standarden, istället för som nu, att leveranser sker på ett flertal ostandardiserade format. IFC kommer att bli en viktig komponent för att få till mer enhetlig och strukturerad informationshantering och leverans inom anläggningsbranschen.

4.5 BCF - ett öppet kommunikationsformat

BCF⁵ (BIM Collaboration Format), är en öppen internationell standard, utvecklad 2009 och förvaltd av BuildingSMART International. Formatet låter olika BIM-applikationer kommunicera med varandra om och med digitala modeller genom att ta ut grundläggande information från dem. BCF baseras på XML-formatet (bcfXML) som stödjer hantering av ärenden och synpunkter i IFC-modeller vilket underlättar kommunikation och samarbete mellan olika projektmedlemmar och andra intressenter. BCF utbyter alltså inte geometrisk information utan illustrerar vyer och hanterar ärenden som behöver lösas.

De huvudsakliga funktionerna handlar om hämta en ögonblicksbild, en vy över problemområdet från modellen tillsammans med en kommentar/synpunkt, det vill säga information som enkelt kan delas oberoende av projekteringsplattform. BCF säkerställer också spårbarhet genom historik och unika ID (GUID) för varje ärende. Vissa attribut kan även användas för att ta fram effektiva arbetsflöden.

Ett viktigt användningsområde för BCF är därför hantering av synpunkter och dokumentation av kvalitetssäkring och kvalitetskontroll, av och med digitala modeller, i både projekterings- och produktionsfasen.

4.6 RAMS och GOP - systemkvalitet och godkännande

Några exempel av olika standarder som används idag, för att bland annat säkerställa kvalitet inom järnväg och väg, är EU standarden⁶ (EN 50126-1:2017) för Järnväg – RAMS (Reliability, Availability, Maintainability & Safety). Standarden fungerar som en prestandaindikation för systemkvalitet och prestanda inom järnväg. RAMS är en process som kan tillämpas redan under planeringsfasen i syfte att för att förebygga fel och att säkerställa tillförlitlighet, tillgänglighet, underhållsmässighet och säkerhet.

En annan standardprocess är GOP-processen som syftar på Transportstyrelsens Godkännandeprocess för järnväg (TDOK 2014:0072). Innan man bygger eller bygger om en järnväg måste man utreda anläggningens utseende och uppbyggnad noggrant. För att anläggningen ska godkännas krävs att europeiska och nationella krav är uppfyllda. Godkännandeprocessen följer ett antal steg för att godkänna byggandet eller ombyggnad av en järnväg⁷.

⁴ <https://www.bimalliance.se/om-oss/nyheter/2018/180425-tekniska-radet-paris-rail-room/>

⁵ <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>

⁶ EN 50126-1:2017: <https://www.sis.se/api/document/get/80000348>

⁷ <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/anlaggningsteknik/godkannandeprocess-jarnvag/>

5 Kvalitetssäkring i Trafikverket

5.1 Planering och åtgärder av väg och järnväg

Trafikverket ansvarar för långsiktig planering av transportsystemet för alla trafikslag samt för byggande, drift och underhåll av statliga vägar och järnvägar. Verksamhetsområdena Investering, Stora projekt samt program Nya stambanor ansvarar för upphandling, genomförande och uppföljning, ombyggnadsåtgärder och nyinvesteringar. Investeringsprojekten kan vara små, stora, megastora och mer eller mindre komplexa. Beställning av åtgärder görs från verksamhetsområde Planering eller Underhåll.

Inom skedena planläggningsprocess och produktion ska en digital anläggning, en digital motsvarighet till den planerade fysiska anläggningen tas fram och användas. Produkterna, den digitala och den fysiska anläggningen överlämnas vid färdigställande till underhåll och förvaltning.

Det finns idag krav på både den digitala och den fysiska anläggningen vad gäller struktur, innehåll och lösning. Ofta specificeras de utifrån aspekterna; teknik, säkerhet, funktion och utförande. Krav på spårbarhet och krav från underhåll och förvaltning ska tas hänsyn till redan i ett tidigt skede (se bild 3).

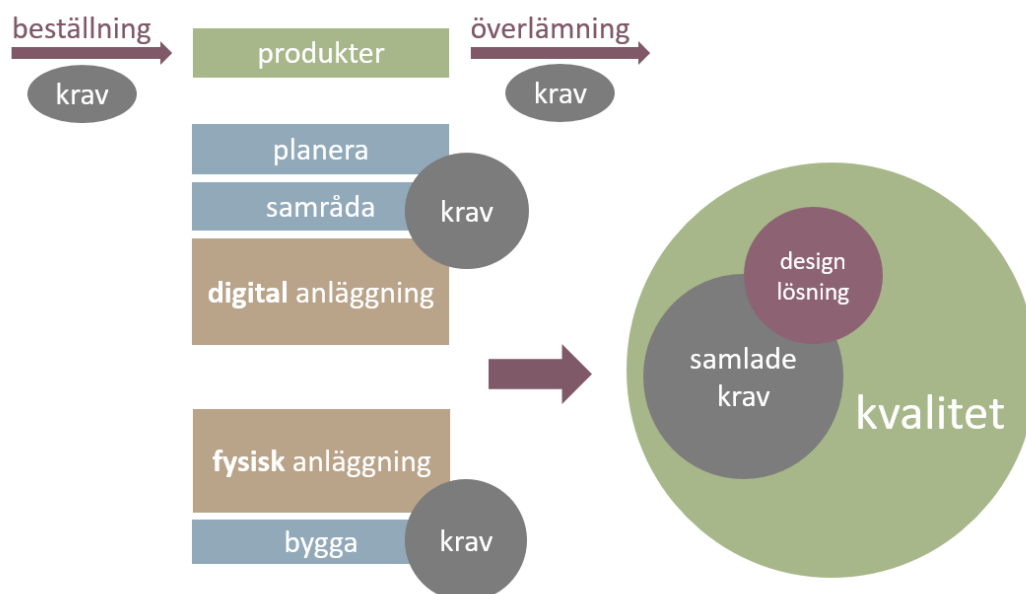


Bild 3 – Övergripande illustration över den samlade kravbilden och kvalitetssäkring utifrån krav och designlösning för den digitala och fysiska anläggningen

I samband med att åtgärder utförs måste rätt kvalitet säkerställas, i förhållande till åtgärdens krav och behov. Kvalitetssäkring och kvalitetskontroller sker utifrån aspekterna process, organisation och produkt och som stöd till arbetet med kvalitetssäkring och krav inom planläggnings- och produktionsprocessen finns bland annat; ett styrmedel: *GA-processen* för att genomföra åtgärder (se 5.3.1), ett regelverk: *TRV Infra* (se 5.2.3) och arbetssätt som till exempel: *Systematisk kravhantering* (se 5.2.2).

5.2 Kravställning och kravhantering

För att säkerställa en produkts kvalitet är det viktigt att dess egenskaper uppfyller och överensstämmer med krav, behov och förväntningar, både obligatoriska och underförstådda. En förutsättning för en smidig kvalitetssäkring är därför en bra kravställning. I detta kapitel beskrivs kravställning och kravhantering hos Trafikverket, i egenskap av kravställare och kravägare.

5.2.1 Vad är ett krav?

Krav kan definieras på olika sätt beroende på kontext. En av definitionerna som används inom investeringsverksamheten på Trafikverket är: *Ett krav är ett nödvändigt attribut hos ett system, ett påstående som identifierar en förmåga, ett särdrag, eller en kvalitetsfaktor hos ett system som innebär att det har värde och nytta för en kund eller användare. Ett krav är något som måste uppfyllas för att allt ska fungera så som det är tänkt.*

5.2.2 Arbetssättet systematisk kravhantering

Inom Trafikverket använder man sig av systematisk kravhantering. Systematisk kravhantering är en metodik för att hantera krav under hela planläggnings- och byggprocessen, från tidigt skede till drift, på ett systematiskt sätt (Svensson Tengberg och Strand, 2019).

Syftet med systematisk kravhantering i investeringsprojekt, enligt handledningen TDOK 2012:1025, är att säkra att kraven på anläggningen är kända, att inga krav förloras under projektens gång och att det i slutändan kan visas att kraven har uppfyllts. Kraven kommer från olika källor som myndighetskrav, drift- och underhållskrav, teknikkrav samt övriga interna och övriga externa krav (se bild 4).

Trafikverket använder systematisk kravhantering som är en metod för att samla in och följa upp krav. Den består av sju grundelement:

1. Identifiera krav – så att alla förutsättningar finns med från början
2. Formulera krav – kraven ska vara entydiga och begripliga
3. Acceptera krav – så att det är klart att kravuppfyllarna har förstått kraven
4. Systematisera krav – så att de är ordnade, bedömda och fördelade till kravuppfyllare.
5. Verifiera krav – så att det är kvalitetssäkrat att kraven tagits omhand i nästa steg.
6. Validera krav – så att det är bevisat att begärda funktioner uppnåtts.
7. Håll spårbarhet – så att resultatet kan spåras från ursprungliga och ändrade krav

Processen är iterativ och punkt 2 till 5 repeteras med ökande detaljeringsnivå allteftersom.

Trafikverket använder kravhanteringssystemet IMB Doors Next Generation (DNG) som är en databas för kraven. Övriga aktörer arbetar oftast utanför, dvs. med exporterade listor från kravhanteringssystemet (Svensson Tengberg och Strand, 2019).

Enligt Uludag (2017) är ett systematiskt kravhanteringssystem (requirement engineering) en process som består av två delar: (1) kravutveckling (requirement development) var man samlar in krav från olika intressenter följt av uppgifter där man måste analysera, förhandla och utveckla en specifikation. (2) kravhantering (requirement management) som besvarar frågan hur man hanterar krav som består av 4 olika steg: identifiering av krav, spårbarhet, förändringsledning av krav och planering av kravhantering.

För arbetssättet systematisk kravhantering ingår olika roller där *kravhandläggaren* (kravspecialisten) är ansvarig för kravhanteringsprocessen, vilken innebär att anläggnings-specifika krav identifieras och följs upp systematiskt. *Kravställaren* är den som ställer kraven på projektet och *kravägaren* ingår i projektet från beställarsidan och fastställer och är ansvarig för t ex krav inom vissa ämnesområden. En *kravuppfyllare* ska uppfyllt ett visst antal krav i projektet (TDOK 2012:1025), är oftast en kontrakterad leverantör.

Inom ramen för systematisk kravhantering definieras några viktiga begrepp enligt nedan:

Spårbarhet definieras som förmågan att beskriva och följa ett kravs livscyklar från ursprunget genom dess utveckling (Mirnezami, 2015).

Verifiering och validering är processer för att kontrollera att en produkt, tjänst eller system uppfyller specifikationerna.

Verifiering: kvalitetskontroll används att utvärdera om en produkt, tjänst, system uppfyller specifikationer, föreskrifter, eller villkor, se TDOK 2012:1025 ”*Har vi med oss alla ställda krav?*” För att verifiera krav idag används projektets kontrollprogram av kravuppfyllaren för att säkerställa att de har inarbetats i produkten. Detta ska anges med en referens som kan kontrollera kravuppfyllnaden av projektet.

Validering: kvalitetssäkringsprocess för att upprätta bevis att en produkt, tjänst, system åstadkommit det som överenskommit utifrån ställda krav, se TDOK 2012:1025 ”*Uppfyller det vi bygger intentionen med kraven?*”. Projektets kontrollprogram används här för att säkra att ställda krav är uppfyllda i produkten.

5.2.3 Kravställning och typer av krav

Krav som behöver hanteras kan vara av olika typ. Inom systematisk kravhantering delas krav upp i anläggningskrav, genomförandekrav och krav på dokumentation medan projektets kontrollprogram har en annan indelning, se 5.3.1. Här nedan tolkas olika källor för att få fram ett tydligt underlag till utvecklingen av kvalitetskontroll för digitala modeller.

Krav kommer från olika källor det vill säga från kravställare med sina respektive behov och kan delas upp i interna och externa där de interna är Trafikverkets egna behov som beställare och byggherre och de externa är de som kommer från intressenter eller är rena lagkrav/standarder (se bild 4).

Interna krav

- **Regelverk** Trafikverkets styrande och stödjande dokument finns idag som TDOK och i DNG databasen TRVInfra.
- **Systemspecifika krav** är krav som ställs på ett helt system som till exempel TSK (Tekniska System Krav) för höghastighetsjärnväg som är kompletterande krav på anläggningen för att kunna köra i högre hastighet. TSK kraven finns samlade i DNG.
- **Projektspecifika krav** från Trafikverket är krav som är relaterade till vilken typ av anläggningsprojekt det gäller. Det finns exempelvis **anläggningspecifika krav** för väg (AKV) respektive järnväg (AKJ). Ett projektspecifikt krav är ett krav som är speciellt för just det aktuella projektet. Idag finns AKJ för plan skedet inlagt i DNG.

Externa krav

- **Nationella och/eller internationella krav** är krav som kommer från övergripande organ och kan vara lagkrav, standarder eller krav från myndigheter. Det kan exempelvis vara lagkrav om klimat, miljö och arbetsmiljö.

- **Projektspecifika krav** är krav från externa intressenter som en region, kommun eller lokal anläggningsägare vilka berörs av projektet. Det kan vara en precisering av ett generellt krav eller ett krav som ställs av annan intressent, specifikt på det aktuella projektet (TDOK 2012-1025). Dessa krav definieras i tidigt skede, ofta i samspel mellan beställare och leverantör (konsulter/entreprenörer). Ett projektspecifikt krav är ett krav som är speciellt för just det aktuella projektet.

Typ av krav

Det finns många olika typer av krav som ska hanteras. Både krav på själva anläggningens utformning och funktion men också på hur anläggningen påverkar sin omgivning både under byggtiden och vid slutlig användning. De vanligaste är krav på funktion, utformning, genomförande och dokumentation (se bild 4). Kraven bör vara överensstämmande med projektmålen samt de övergripande målen inom Trafikverket som exempelvis hållbarhet, byggbarhet och underhållsmässighet. Inga krav är idag anpassade/skrivna för maskinläsbarhet.

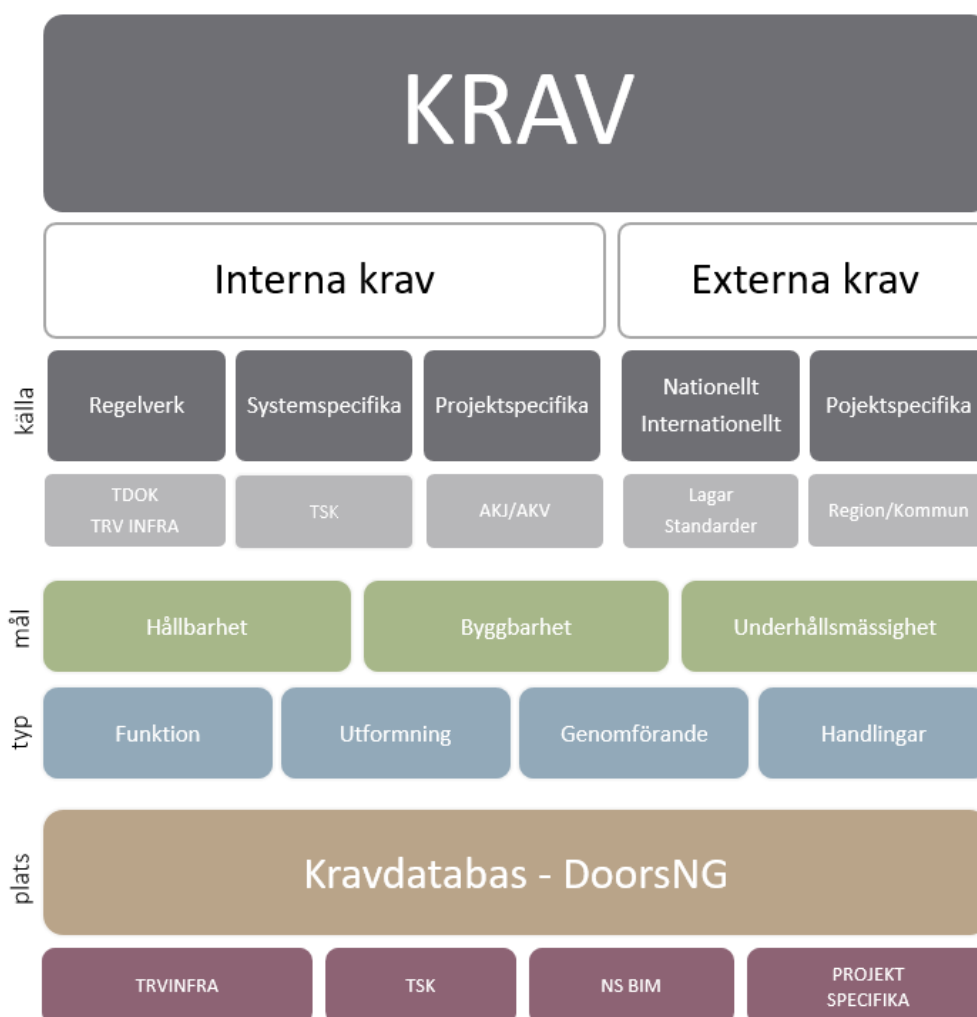


Bild 4 – Tolkad översikt av kravställning och kravhantering i Trafikverket. De mörkgråa boxarna beskriver var kraven kommer från med ljusgrå boxar som exempel. De blå boxarna beskriver vilken typ av krav som kan förekomma och de gröna boxar är exempel på övergripande mål och krav. Lila boxar är exempel på kravdatabaser för regelverk och system- och projektspecifika krav, se 5.2.4.

- **Krav på funktion:** ett funktionskrav för en anläggning anger vilken funktion som ska kunna utföras i anläggningen/systemet i den slutliga situationen. Många anläggningskrav är idag funktionskrav. Men ett funktionskrav kan också vara ett övergripande krav på en anläggningsdel som medger en större frihet för leverantör att hitta en bra lösning. Ett **övergripande funktionskrav** kan även vara krav på utformning, genomförande och handling.
- **Krav på utformning:** krav på en anläggning och dess omgivning kan ha olika karaktär och definieras utifrån perspektiven teknik, miljö och gestaltning. Kraven beskriver ofta en anläggnings egenskaper. Ett krav på utformning kan också vara ett övergripande funktionskrav.
- **Krav på genomförande:** krav på att beskriva processer och arbetssätt för framtagande av innehåll, tekniska lösningar och kvalitetssäkring av produkter eller system. Det kan också vara krav på möten, leveranser, kompetens eller anvisning för hur den digitala eller fysiska anläggningen ska byggas. Ett krav på genomförande kan också vara ett övergripande funktionskrav.
- **Krav på handlingar:** Det finns krav på vilken dokumentation och vilka produkthandlingar (text, ritning, karta, modell och analys) som ska tas fram och levereras för godkännande. Men krav finns även på hur de ska vara strukturerade och ibland också på hur de tas fram och används (krav på genomförande). Ett krav på en handling kan även vara ett övergripande funktionskrav.

Övergripande mål och krav

Det finns ett antal övergripande mål och krav som ska tas hänsyn till under både planläggnings- och förvaltningsskedet. Delar är inarbetade i kravställningen men är ofta inte helt tydliga. Exempel på dessa är *hållbarhet*, *byggbarhet* och *underhållsmässighet* (se bild 4). De övergripande kraven är viktiga inom Trafikverket men de kan vara svåra att definiera och mäta vilket innebär att de också kan vara svåra att kontrollera utifrån ett kvalitetsperspektiv. Här blir därför en tydlig kravställning central för att nå målen men likaså är visualisering ett grundläggande verktyg för ökad kommunikation och bättre förståelse.

Hållbarhet inom Trafikverket delas in i ekonomisk, ekologisk och social hållbarhet. Exempel på ett hållbarhetskrav är anläggningens hälsopåverkan såsom reduktion av buller eller tillgång till frisk luft. Dessa krav handlar mycket om osynliga värden och konsekvenser som är svåra att mäta, förstå och kommunicera. För att kunna ta beslut om påverkan utifrån buller, luft och Co2 blir visualisering viktigt för att kommunicera och öka förståelse av målet om hållbarhet (se bild 5). I projektet *MiljöVis - Effektiv representation av miljödata* tittar man bland annat på visualisering av buller utifrån färgskalor, symboler och geometriska former (Stahre Wästberg, et al. 2021).

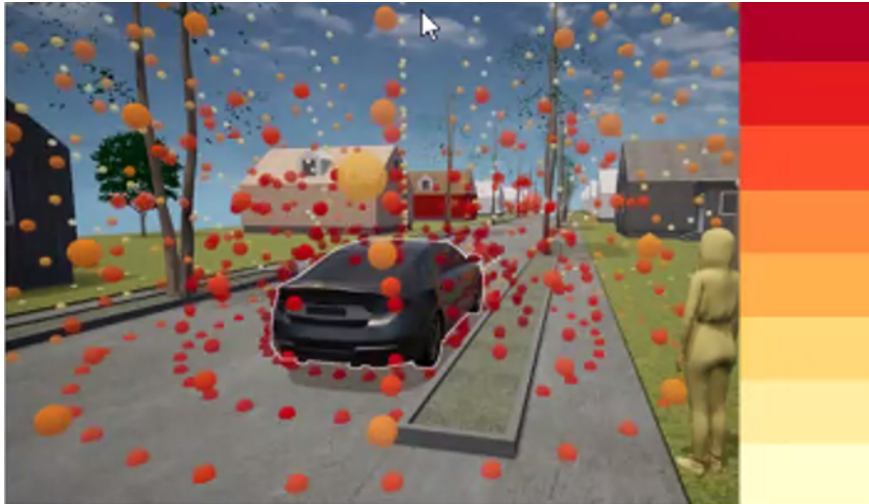


Bild 5 – Koncept för visualisering av buller från rörlig källa, Chalmers

Byggbarhet handlar om att i förväg säkerställa att en anläggning kan byggas på ett effektivt och genomförbart sätt. Inom Trafikverket är byggbarhetsanalyser och produktionsplanering viktiga aspekter att ta hänsyn till redan i de tidiga skedena.

Ett PM Byggbarhet ska alltid tas fram. Det beskriver utbyggnadsprinciper och arbetsintensiva områden inom projektområdet med fokus på arbetsmiljösäkerhet (skyddszoner, släntlutningar, schaktdjup, bygghöjder), teknisk byggbarhet (metodval/utrymme för maskiner, tillgänglighet för maskiner), trafik (hur trafik och trafikant leds förbi arbetet på ett säkert sätt), järnvägssäkerhet ("tid i spår" för specifika arbeten) och tillgänglighet (etablering av maskiner i spår vid spårarbeten, masstransporter, tillförsel nytt material).

Att också visualisera (i 3D) utrymmesbehov ("fria rummet") etapplösningar och konsekvenser i kritiska områden, innan byggskedet, ger ett mervärde genom tydligare beslutsunderlag.

Underhållsmässighet avser hur enkelt och säkert det är att utföra underhåll av/på en anläggning utifrån åtkomst, utrymme, aktiviteter och tid. Det är en del av driftssäkerheten. Många krav på underhållsmässighet kommer från behovet i förvaltningsskedet.

I en förstudie, *Visualisering av inspektionshandlingar i 3D* (Ek, 2018) påvisades behov av visualisering för att underlätta arbetet med att följa och ajourhålla åtgärder för underhåll och inspektion. Förstudien innehåller exempel inom berg, betong, geo och miljö. Diskussion förs här kring digitala modellers koppling till trafikverkets inspektionsdatabas BaTMan och hur de kan användas för att dra uppmärksamhet till viktig information. Det pågående verksamhetsutvecklingsprojektet HDMI AP2 tar också upp behovet av digitala modeller i tillgångsförvaltningen, se 8.1.2.

5.2.4 Kravdatabas Doors NG

Det finns många kravdatabaser som används inom Trafikverket som exempelvis TRVInfra för tekniska regelverket (förmedlas till trots fortfarande som dokument), TSK för systemspecifika krav vad gäller höghastighetsjärnväg och NSBIM för krav om BIM inom programmet Nya Stambanor. Många projekt har även en egen kravdatas för deras anläggnings- och projektspecifika krav. De använder alla samma system; DNG (Doors Next Generation). Systemet används främst inom verksamhetsområde Stora projekt och Nya Stambanor, se kap. 8.1.4.

Målet är att, när ett nytt projekt startar, importera krav från olika databaser till en projekt-databas. Men att jobba med kravdatabaser tar tid och kräver nya arbetssätt. Idag bygger alla stora projekt sin egen kravprocess eftersom den inte finns definierad i GÅ-processen, se 5.3.1. Det finns exempelvis funktioner för att arbeta med kravuppfyllnad i DNG som inte nyttjas i någon större omfattning idag. Att följa upp kraven ger dock en bra indikation på framdrift i projekt, speciellt då infrastrukturprojekt är väldigt långa, 10-20 år. Genom att successivt verifiera kraven och exempelvis identifiera de som inte behövs, kan kravhantering också bidra till att kostnaden minskar som i projekt Norrbottniabanan som sparade cirka 108 miljoner på att bara ta bort ett krav.

5.2.5 Uppföljning av krav och kvalitet på produkt

När kvalitetssäkring utförs kan skilja sig åt beroende på vad som är överenskommet inom det specifika projektet. Men en leverans ska alltid kvalitetssäkras av beställaren, det är bland annat det som definierar en leverans. Det som däremot inte är kravställt att kvalitetssäkras av beställaren, klassas som en delning av arbetsmaterial. Trafikverket använder olika arbetssätt vid olika tillfällen för att följa upp och kontrollera kvalitet på produkter:

- **Slutleverans:** tillfälle då den slutliga produkten levereras. Kvalitetssäkras alltid.
- **Delleverans:** en delleverans är att betrakta som en milstolpe för leverantörens arbete med produkten. Definieras i projektets arbetssätt för delleveranser. Delleveranser kvalitetssäkras alltid.
- **Delgivning/delning:** leveranser som sker löpande under uppdragets gång, ofta arbetsmaterial. Kvalitetssäkras vanligen inte.
- **Successiv acceptans:** arbetssätt som främst används under byggskedet för att få till högre kvalitet på handlingar och för att tidigare ge leverantören en trygghet i att de är rätt ute i sin projektering. Genom att gemensamt hitta rätt nivå i projekteringen och att delar av anläggningen kan accepteras separat, kan principiella beslut tas tidigt. Kontroll och godkännande av projekterade bygghandlingar sker genom acceptans via successiv acceptansmöten och protokollförs i s.k. successiv acceptansmötesprotokoll som signeras av beställare och leverantör.
- **Successiv uppföljning:** arbetssätt för att samverka mer och successivt följa upp leverantörernas arbete såsom arbetsmaterial och handlingar med avseende på förutsättningar, risker, kravbild och regelverk. Resultatet är i mindre arbetsbelastning och färre fel vid del- och slutleveranser. Är inte detsamma som successiv acceptans.

Successiv uppföljning i stora och komplexa projekt

Inom verksamhetsområde Stora projekt har vissa projekt infört successiv uppföljning som ett arbetssätt för beställaren att säkerställa att leverantören tar sitt ansvar och levererar enligt kontraktet genom att successivt följa upp leverantörernas arbetsmaterial. Det innefattar inte kvalitetssäkring av planerade leveranser. I den successiva uppföljningen lämnas inga formella synpunkter. Successiv uppföljning ska inte blandas ihop med successiv acceptans som är ett arbetssätt för formell accept av utvalda delar av en arbetshandling. Enligt Dalmalm och Vedin (2018: sida 13) är *”successiv uppföljning av leverantörernas arbete är ett flexibelt arbetssätt att samverka, att jobba tillsammans, och går därför inte att definiera exakt. Det handlar om att anpassa graden av stöd till leverantören, utifrån hur väl vi definierat uppdraget och leverantörens kompetens och erfarenheter”*.

Syftet med en vanlig granskning är att avgöra om en slutleverans är utförd enligt beställning och att den uppfyller ställda krav. Syftet med succesiv uppföljning är att öka samverkan och erfarenhetsutbyte mellan leverantörer och beställare, ge utrymme för innovation och höja kvalitén i levererade handlingar, men framförallt att minimera risken för att dyra grundläggande fel upptäcks i ett alltför sent skede och därmed undvika onödigt arbete och för stora kostnader. Enligt Dalmalm och Vedin (2018) kan fördelningen mellan succesiv uppföljning och granskning variera per projekt. Succesiv uppföljning sker idag mestadels i uppdragsstarten av projektet, och granskning sker först när projektet börjar färdigställas. I långa, stora och komplexa projekt används därför också krav på kvalitetssäkrade del-leveranser.

I arbetssättet succesiv uppföljning är beställarens specialister, inom olika ämnesområden, viktiga för att öka samverkan och att kunna följa upp och ge råd baserat på kunskap om regelverk och deras individuella kompetens och erfarenhet och. Syftet är att tidigt säkerställa att alla krav i kontrakt, överenskommelser och regelverk är tydliga och verifierbara. Om successiv uppföljning kompletteras med en gemensam kvalitetssäkring, av och med digitala modeller, kan kvalitén på levererade handlingar öka ytterligare (se 8.8).

Leverantören har fortsatt ansvar för att de handlingar som ska levereras är tillräckligt bra. Leverantörens ansvar är också att söka stöd hos Trafikverket för att förankra föreslagna lösningar och efterfråga erfarenheter eller underlag för att kunna utföra arbetet.

Ett resultat av att använda successiv uppföljning är att man samtidigt uppnår en ökad tillgänglighet, transparens och tillit inom uppdraget.

5.3 Kvalitetssäkring och kvalitetskontroll

5.3.1 Process för kvalitet i ledningssystemet - XLPM metodik

Trafikverket har ett antal **huvudprocesser** som samlas i ett **ledningssystem** varav GÅ-processen är en av dem. GÅ-processen står för Genomföra åtgärder på vägar och järnvägar är en av processerna inom Trafikverkets ledningssystem som används för investeringsprojekt.

Inom ledningssystemet använder investeringsprojekt GÅ-processen för att genomföra åtgärder. En specifik metodik som används är XLPM: som är en *projektmodell- och projektledningsmetodik*, vilken är utgångspunkten för investeringsprojekten i GÅ-processen.

Enligt XLPM metodiken är syftet med kvalitetsstyrning i projekt att *”säkerställa att projektets slutresultat uppfyller de formulerade kraven och att projektet genomförs i enlighet med gällande processer och arbetsätt”*. Detta görs genom att välja ut de krav som ska följas upp, utifrån projektets totala kravmassa, upprätta ett kontrollprogram för projektet samt genomföra och dokumentera kontroller i enlighet med kontrollprogrammet.

Alla investeringsprojekt har ett kontrollprogram. I programmet anges kontrollplaner för egenkontroll och för hur beställar-, byggherre- och anläggnings-specifika krav ska hanteras. Egenkontroll avser egenkontroll av projektorganisationens interna leveranser och planeras utifrån förutsättningar att handlingar och interna krav är avgörande för bra kvalitet i efterföljande led. Byggherrekrav avser krav som omfattar Trafikverkets verksamhet. Trafikverket har ansvar för att gällande lagar, förordningar, föreskrifter, beslut och risker följs upp, kontrolleras och efterlevs. Beställarkrav avser därför projektets uppföljning av leverantör.

Inom XLPM står följande text om kvalitet:

Kvalitetssäkring ”innefattar alla planerade och systematiska aktiviteter som implementeras inom kvalitetssystemet för att trygga att projektet och dess leveransobjekt uppfyller relevanta kvalitetsstandarder”. Viktiga aktiviteter för kvalitetssäkring enligt metodiken är: projektmilstolpegranskningar, TG-bedömningar, övervakning och mätningar av projektgenomförande, projektrevisioner och projektutvärdering.

Kontrollera kvaliteten ”innefattar att övervaka vissa projektresultat, för att fastställa om de överensstämmer med relevanta krav och identifiera sätt att undanröja orsaker till otillfredsställande resultat.” Viktiga aktiviteter för kvalitetskontroll är enligt metodiken: övervakning av och kvalitetsrapportering för projektets slutresultat, kontroll av kvaliteten i arbetsprocesser och kontroll av kvalitetsändring.

I intervjuerna framgår det att man kan hämta inspiration för kvalitetsarbete från XLPM, men att det också saknas en del i metodiken vad gäller kvalitetssäkring. Det finns några arbetssätt för kvalitetsarbete framtagna inom Trafikverket men det fattas fortfarande en gemensam process för detta.

I XLPM finns vissa mallar och kontroller på plats för att säkerställa att stickprov, uppföljning, projektredovisningar och projektutvärderingar sker. Kontroll av kvaliteten i arbetsprocessen sker genom leverantörsuppföljningar, olika mätningar och oberoende granskning av internt arbete. Men arbetet behöver förtydligas internt; inte alla definitioner är på plats, dokumentation och fler mallar behövs som stöd. Det krävs också mer stöd och resurser att följa upp det interna arbetssättet samt beställarens egenkontroll. En annan faktor som lyfts upp i intervjuer är att man, inom Trafikverket, behöver mer resurser för kvalitetsarbete, nu har många specialister en pressad vardag.

Kravställningen kring kvalitet är också en viktig punkt som kommer upp i vissa intervjuer. Just nu ställer Trafikverket krav på egenkontroll hos leverantören, men den egenkontrollen kan tolkas på olika sätt. Det blir relevant att tydliggöra rollerna mellan beställaren och leverantören och definiera begrepp tydligare i kravställningen.

Sammanfattande från intervjuerna så anser man att det behövs mer fokus på de olika aktiviteter som ingår i kvalitetsarbetet inom ett projekt. Begrepp måste tydliggöras liksom den gemensamma arbetsprocessen och en tydligare kravställning av kvalitet för leverantören bör tas fram. Det behövs mer stöd i form av mallar, checklistor och resurser internt.

Från enkäten har ett antal öppna svar om kvalitetssäkringsprocessen anförts. Några personer skriver att det finns verktyg men att det behövs tydliga processer och roller för alla teknikområden och att det inte finns något etablerat arbetssätt/arbetsprocess för kvalitetssäkring just nu. Enkäten visar att det finns behov för utbildning inom kvalitetssäkring men också ett behov av fler resurser.

5.3.2 Organisation – stöd för kvalitetssäkring

Speglad organisation

I stora projekt speglas ibland projektorganisationerna (beställare och leverantör) vilket kan underlätta dialog och samarbete då alla har en ”egen” motpart. Det underlättar arbetet med kvalitetssäkring av produkter som genomförs av teknik- och miljöspecialister, BIM specialister och andra projektmedlemmar. Trafikverkets specialister kontrollerar om kraven har uppfyllts utifrån dokumenterad kravställning och erfarenhet. Organisationen för kvalitetssäkring av leveranser anpassas med fördel efter leveransens omfattning och komplexitet.

Kvalitetsspecialist

Kvalitetsspecialister inom Trafikverket arbetar med ledningssystemet, processer inom Trafikverket och programspecifika processer, men också med projektets kontrollprogram. I intervjuer kom det fram att kvalitetsspecialister arbetar olika inom verksamhetsområde Stora projekt och Investering. Inom Investering, som har mindre men många projekt, arbetar man med projektkontrollprogram, "second opinion" och använder checklistor. Man arbetar i distrikt och är inblandad i många projekt och vid behov. Inom Stora projekt arbetar man däremot i ett eller två större projekt och fokuserar mer på interna processer, ledningssystem men också på dokumenthantering och styrning både internt och gentemot leverantörer. Kvalitetsspecialisterna arbetar främst med att planera och säkerställa kvalitet i processer, system och kontrollprogram men inte med kvalitetssäkring av produkter.

Kravspecialist

Kravhanteraren arbetar med att samordna och kvalitetssäkra anläggningspecifika krav där kravens relevans och tillräcklighet bedöms inom Trafikverkets projekt. Säkerställer att samtliga krav dokumenteras på ett strukturerat och systematiskt sätt. Det kan vara att tillse att samtliga krav har en utpekad ägare med tydligt ansvar inom projektet, att underlätta dialog med interna och externa kravställare och säkerställa spårbarhet på krav från registrering tills verifiering av utförd kravställning är gjord

Ny roll - kvalitetssäkringssamordnare

I Trafikverket har det under senare år tillkommit ett behov av en ny roll, kvalitetssäkrings-samordnare, främst i de stora komplexa projekten. En kvalitetssäkringssamordnare ansvarar för kvalitetssäkring av en delleverans det vill säga ansvarar för planering, att rutiner och instruktioner följs, att alla stöddokument är upprättade och att leverantör är informerad om beställarens kvalitetssäkringsarbete. Det är en tillfällig roll som olika funktioner kan inneha. Från den enkät som genomförts svarade 54,7% (från 108 totalt) att de hade en utpekad roll som kvalitetssäkringssamordnare i deras projekt. På frågan om vilka andra arbetsuppgifter /roller har den personen var svaret att det finns en del personer som bara jobbar i den här rollen och med kvalitetsarbete. För andra fanns det även andra arbetsuppgifter utöver kvalitetssäkringssamordning såsom projektledning, teknikspecialist, projektingenjör, miljö-ansvarig, funktionsansvarig.

I enkäten var ett antal svar kopplade till organisationsfrågor och roller. Man efterfrågade att ansvar och roller bör förtydligas med vem som granskar vad. I program Göteborg-Borås i Nya Stambanor, har man tagit fram en Instruktion för kvalitetssäkring av leveranser. Där beskrivs roller och man har också tagit fram en kvalitetssäkringsmatris som är en lista för ansvarsfördelning vid kvalitetssäkring, vilken underlättar det som efterfrågas.

Det kom också upp att förhållningsättet renodlad beställarroll behövde förtydligas för samtliga medarbetare (både hos beställare och leverantör) i relation till kvalitetssäkring och kvalitetskontroller.

5.3.3 Typer av kvalitetskontroller

I rapporten *Beställarens kvalitetskontroll av beställda Uppdrag*, av Karlsson (2015) ges förslag på två typer av kvalitetskontroller, Systematic check och Intelligent check, som är en del av beställarens egenkontroll. Systematic check är en metodik där man genomför kvalitetskontrollen med hjälp av ett verktyg t.ex. en checklista där man systematiskt bockar av om åtgärder och aktiviteter är genomförda och rätt redovisade. En Intelligent check är en metodik där kontrollen som genomförs tar utgångspunkt från kompetens och erfarenhet.

Enligt Karlsson (2015) är projektörens egenkontroll en systematic check, och en intelligent check är oftast genomförd som en oberoende kontroll. Enligt en rapport från ett regeringsuppdrag (Karlsson, 2020: Regeringsuppdrag. Kostnadsutveckling vid upphandling och genomförande av investeringsprojekt) saknar Trafikverket idag en systematisk kvalitetsuppföljning och det finns ett behov av att införa ett systematiskt arbetssätt för uppföljning av kvalitetsavvikelser inom Trafikverket och hos leverantörer, vilket är väsentligt för att förbättra kvalitetsstyrning och sänka merkostnader som uppkommer av stora kvalitetsbrister

Det finns olika typer av kvalitetskontroller:

Beställarens egenkontroll: består av Systematic och Intelligent checks (enligt Karlsson, 2015).

Leverantörens egenkontroll: Leverantören ska enligt TDOK 2012:1039 upprätta och ajourhålla kontrollprogram. I kontrollprogrammet ska olika moment, metod och ansvariga för kontrollen anges. Leverantören ska sammanställa och redovisa genomförda egenkontrollresultat till beställaren och idag räcker det med att skriva på ett papper som en person fyller i för en leverantör. Enligt intervjuerna ska leverantören göra egenkontroll men hur detta sker kan tolkas på flera sätt och behöver förtydligas.

Beställarens mottagningskontroll: När leverantören översänder handlingar till beställaren så gör beställaren en mottagningskontroll. I denna kontroll verifierar beställaren att översända handlingar är kvalitetssäkrade av leverantören enligt upprättat kontrollprogram och kontrollplaner. Mottagningskontrollen görs oftast av en datasamordnare inom Trafikverket. Verifikationen sker genom att följa upp att handlingarna är tydligt signerade (Karlsson, 2015). Intervjuerna framhåller att processen för mottagningskontroll inte finns beskriven, bara att en leverans är mottagen.

För ett projekt definieras mottagningskontroll som kontroll av att produktdokument från leverantörer har levererats i enlighet med handlings- och modellförteckning och projektets dokumenthanteringsplan. Sker initialt efter leverantörens leverans, innan kvalitetskontroll. (*Instruktion Kvalitetssäkring av leveranser* i projekt Göteborg-Borås).

Oberoende granskning/kontroll eller second opinion: utförs av en oberoende tredje part. Enligt Karlsson (2020) utarbetades rutiner och arbetssätt för denna funktion för ett antal år sen men har ännu inte implementerats.

Gemensam kvalitetskontroll (samgranskning) definieras som kontroll av leveransens helhet i form av gemensamma teknikövergripande arbetsmöten för att säkerställa kvalitén på levererade produktdokument. Tidigare kallad samgranskning (TDOK 2018:0079 Kvalitetssäkring av objektorienterad informationsmodell-VO PR samt *Instruktion Kvalitetssäkring av leveranser* i projekt Göteborg-Borås). Gemensam kontroll ligger i linjen med arbetssättet från ICE (integrated concurrent engineering, se 8.7).



Bild 6 - Översikt kvalitetssäkring och kvalitetskontroll och exempel på olika perspektiv

5.3.4 Produkt - vad kontrolleras?

Olika typer produkter kontrolleras i olika faser. I planläggningsfasen kontrolleras till exempel textdokument, modeller, ritningar, kartor, beräkningar och analyser. I byggfasen kontrolleras även produkter som den fysiska anläggningen, inmätningar, osv.

Kontroller sker utifrån innehåll, struktur och lösning (se bild 7). Exempelvis kontrolleras 3D-modellerna på innehåll utifrån från respektive teknik- och miljöområdes krav samt överenskomna attribut och detaljeringsnivåer. Struktur i modellerna innefattar mer uppbyggnad av modellerna; namn- och färgsättning, användargränssnitt etc. Lösningen eller designlösningen handlar mer om huruvida det är den mest optimala lösningen som valts utifrån perspektiven teknik, säkerhet, funktion och utförande samt tid och kostnad (se bild 6 och 7). Arbetssätt för kontroll av digitala modeller beskrivs i Trafikverket endast i TDOK 2018:0079 Kvalitetssäkring av objektorienterad informationsmodell - VO PR med tillhörande checklistor för kvalitetskontroll av redogörelser och ämnesområdes- och samordningsmodeller.

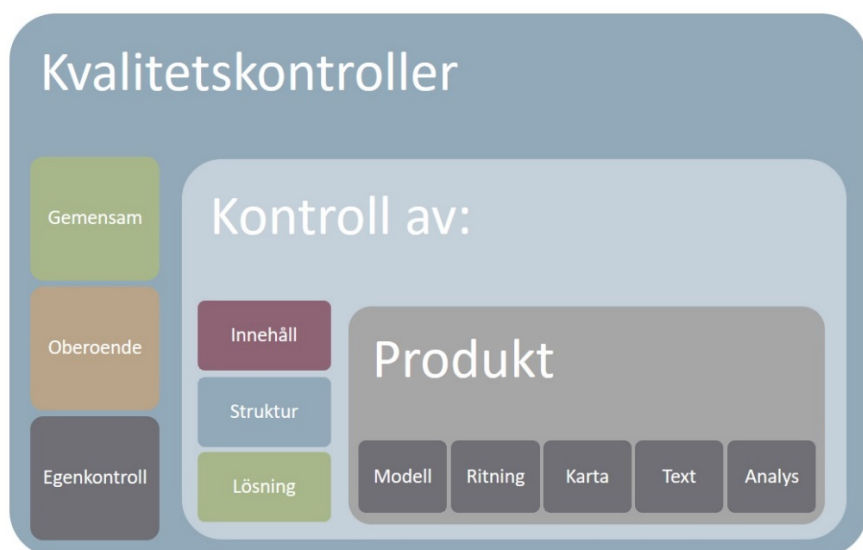


Bild 7 - Översikt av kvalitetskontroller utifrån typ av kontroll och produkt

Ur enkäten framkom en bild över användning av olika metoder, som används för att kontrollera produkter vid (del)leveranser (se bild 8). Den visar att *visuell kontroll* av ritningar, ämnesområdes- och samordningsmodeller liksom *intern granskning med olika teknikområden* används i relativt stor omfattning inom Trafikverket. Under kategori *Annat* kompletterades bilden med *visuell kontroll av dokument* (4 personer) där läsning av olika dokument som tekniska beskrivningar och dokument som levererats av leverantören för dokumentation av deras kontroll nämndes.

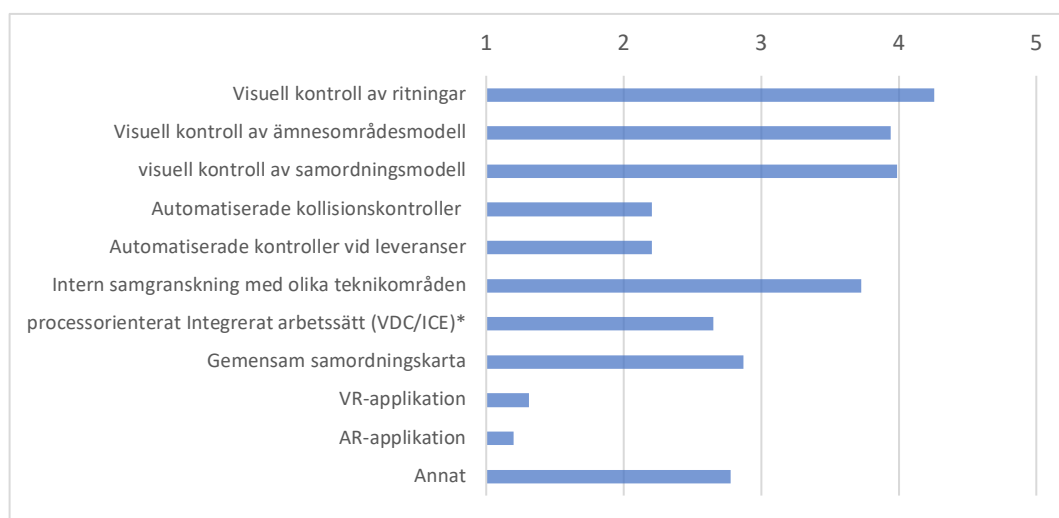


Bild 8 - Enkätfråga: Hur ofta används följande metoder för att kontrollera produkter och/eller (del)leveranser? Skala 1-inte alls/5-mycket.

I enkäten efterfrågades också vilka metoder som används när man kontrollerar objekt-orienterade informationsmodeller (digitala modeller). Inte alla kontrollerar modellerna, men för de som gör detta visar bild 9 vilka olika metodiker används inom Trafikverket baserat på 108 svar från enkäten. Modellerna kontrolleras främst med hjälp av checklistor, visuella kollisionskontroller, på projekterings- och teknikmöten och vid samgranskningsmöten.

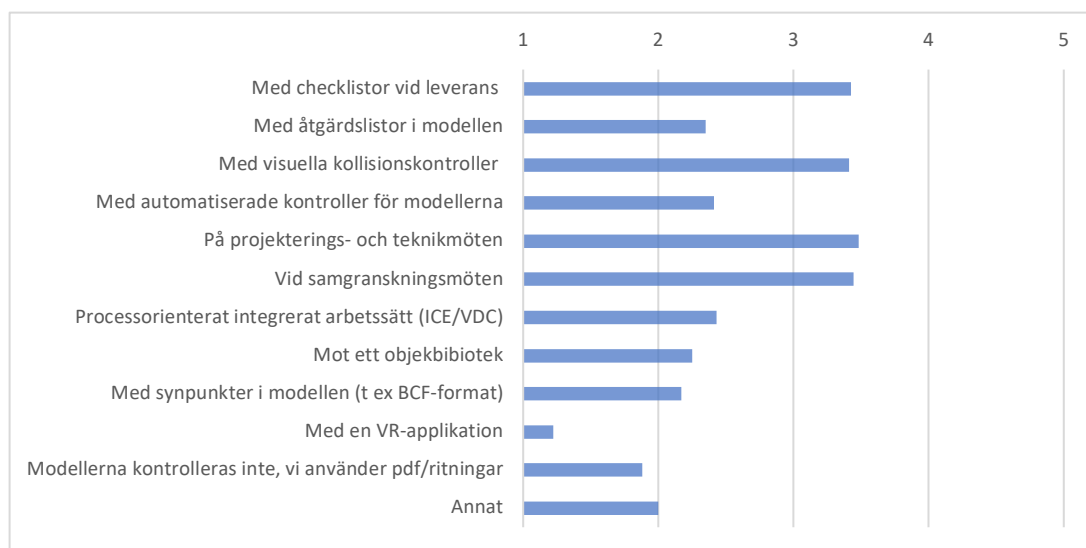


Bild 9 - Enkätfråga: Om ni arbetar med objektorienterade informationsmodeller i vilken grad kontrolleras modellerna utifrån listade aktiviteter? Skala 1-inte alls/5-mycket.

5.3.5 Automatiska kvalitetskontroller

Trafikverket har idag mål för ökad digitalisering att nyttja digitaliseringens möjligheter. Det pågår många initiativ för att nå upp till målen där satsningar på mer automatisering och AI ingår som en betydande del. Kompetens och styrning vad gäller detta är idag centraliserad. Det optimala vore att all kompetens är utplacerad i de olika verksamhetsområden/enheterna och att endast koordinering sker centralt. Det för att lättare identifiera specifika möjligheter med automatisering.

Idag automatiseras processer, ovan till trots, mest ute i de olika projekten där de automatiserade kontrollerna mestadels handlar om mottagningskontroll och kontroll av cad-filer. Inom mottagningskontrollen har processer för att kontrollera format och metadata som filnamn, kontrollera mot handlingsförteckning (pdf) och status och låsning av pdf-filer tagits fram. För de digitala modellerna kontrolleras "cad-hygien" där man med ett FME-script bland annat kontrollerar lagernamn, tomma lager, insättningspunkter. Det innebär också till stor del att kontrollera och jämföra modeller/ritningar (pdf, dwg och dgn) med varandra för att se vad som har ändrats. Det kan vara versionsskillnader, ritnings/modellruta med metadata eller t ex om man sprängt för lite eller för mycket.

Det finns ett flertal FME-script som utvecklats parallellt i olika projekt. Det pågår därför ett initiativ på VO Stora projekt att anpassa dem och göra dem mer generella så att fler projekt kan ta del av dem. I projektet ingår också att ta fram en sammanställning över arbetsprocesser som i framtiden kan automatiseras.

Inom stora projekt som Förbifart Stockholm och Ostlänken använder man sig av AEC Plus Infra för att automatiskt kontrollera många filer mot listor med bl. a lagernamn och klassificeringskoder i databasen Savoir. Även leverantören har tillgång till programverktygen för att kunna köra kontroller innan leverans till beställaren.

Det finns idag checklistor, i GÅ-processen, för kvalitetskontroll av ämnesområdes- och samordningsmodeller (TMALL 1163, 1164 och 1165) som mycket väl skulle kunna automatiseras. De gäller i dagsläget för VO Stora projekt men flertal projekt har tagit dem till sig och anpassat utifrån deras egna behov. Kopplas råd och checklistor mot kraven som ligger i en projektdatabas kan de enkelt automatiseras för just det projektet, se mer under 8.1.1.

I bild 10 visas de viktigaste potentiella vinsterna med att införa automatiserade kvalitetskontroller utifrån svar från respondenterna i enkäten. De viktigaste vinsterna är en effektivare kvalitetsprocess, frigöra tid för andra arbetsuppgifter/bättre lösningar och bättre kvalitet.

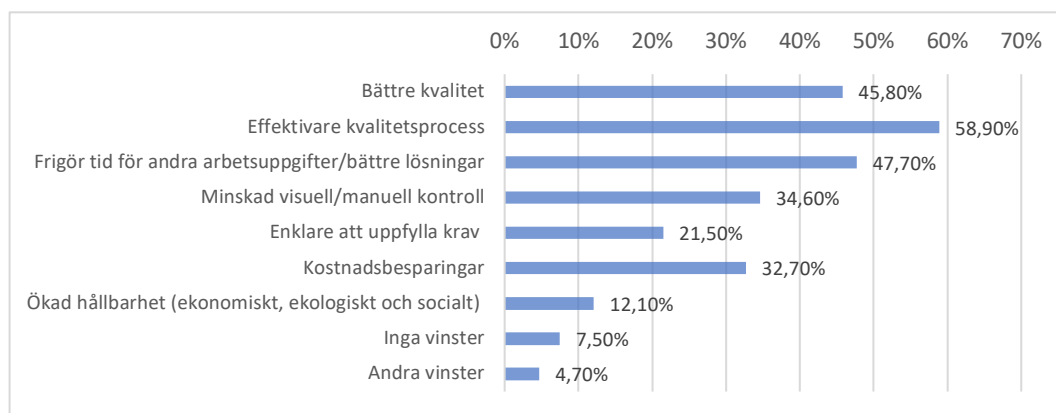


Bild 10 - Enkätfråga: Vad ser du för potentiella vinster inom er organisation med att införa automatiserade kvalitetskontroller – ange de 3 viktigaste vinsterna. Skalan visar antal svar från beställare i procent.

6 Kvalitetssäkring hos tekniska konsulter

6.1 Kvalitetssäkring och kvalitetskontroll (väg och järnväg)

De tekniska konsulterna inom väg- och järnvägsprojekt har krav från beställaren, på att kontrollera modellerna internt (egenkontroll). Detta görs oftast av en teknikansvarig. Inom konsultföretagen jobbar man med olika typer av intern granskning innan leverans men utför även kontroller under hela processen. Intern granskning i relation till BIM sker avseende exempelvis metadatahantering och namngivning, alla sådana delar är en del av konsultens egenkontroll och internkontroll. Det finns olika typer av kontroller som sker inför leverans till beställaren (både i 2D och 3D). Modellerna granskas internt oftast med någon checklista. Checklisten är anpassad efter Trafikverkets krav på ämnesområdes- och samordningsmodeller men är en tolkning av kraven från beställaren. Konsulten efterfrågar därför en checklista från beställaren så att man kan kontrollera och prioritera parametrar som är viktiga för denne. Efter en intern granskning med hjälp av en checklista (för modellen) görs en samgranskning i projektgruppen. Dokumentation från samgranskningen kan exporteras som en PDF-fil och skickas med leveransen till beställaren. Den interna kvalitetskontrollen och dokumentationen av granskningen är till viss del avhängig av kravställningen. Idag ställer beställaren inte krav hur man ska granska men däremot ställs krav på att dokumentationen av kvalitetskontroller och ibland aktionspunkter ska levereras skriftlig till beställaren.

Vägprojekten är ofta väldigt olika och kan innehålla olika typer av underlag men vanligast är 2D underlag för befintligheter, som inte alltid stämmer överens med verkligheten. Man jobbar med 3D-modeller i alla projekt, men leveranser sker ofta både i 3D och 2D. Beställaren kräver fortfarande vissa ritningar. Konsulterna vidhåller också att kraven är tolkningsbara.

Kvalitetskontroller av de tekniska kraven utförs internt för att se att man har uppfyllt dem. Tekniska kontroller görs fortfarande till stor del traditionellt via PDF-filer (t ex. geometriska utformningen) och bara en del i modellerna. Hur och vad som kontrolleras påverkas också av vilken status modellen har, vilken färdigställandegrad.

”Det går åt mycket tid att granska och kontrollera data som ligger inom de schematiska delarna i järnvägsprojekteringen. Det produceras oerhört många schematiska ritningar och det är mycket data som ska kontrolleras. Tex hur ett teknikhus och dess information är uppbyggt. Det är mycket information som faktiskt ska med i mängdförteckningen också som har med artikelnummer och som ska granskas och verifieras men som idag ligger på ritningar.” (järnväg)

Också i Norge använder man checklistor vid kontroll av modeller, kontroll i designverktyg för respektive ämnesområde och vid gemensam kvalitetskontroll där ett flertal teknik- och miljöområden är inblandade. Några teknikområden, tex. konstruktion/byggnadsverk använder regelkontroller och har egna specifika rutiner. En del beställare i Norge ställer fortfarande krav på ritningar som i Sverige. Men även IFC-modeller kontrolleras, mest konstruktioner som behöver en oberoende kontroll.

Enkäten (74 svar från konsulter inom Sverige) visar på olika metoder, för kvalitetssäkring, som används inom de olika konsultföretagen och hur vanligt det är att de används (se bild 11).

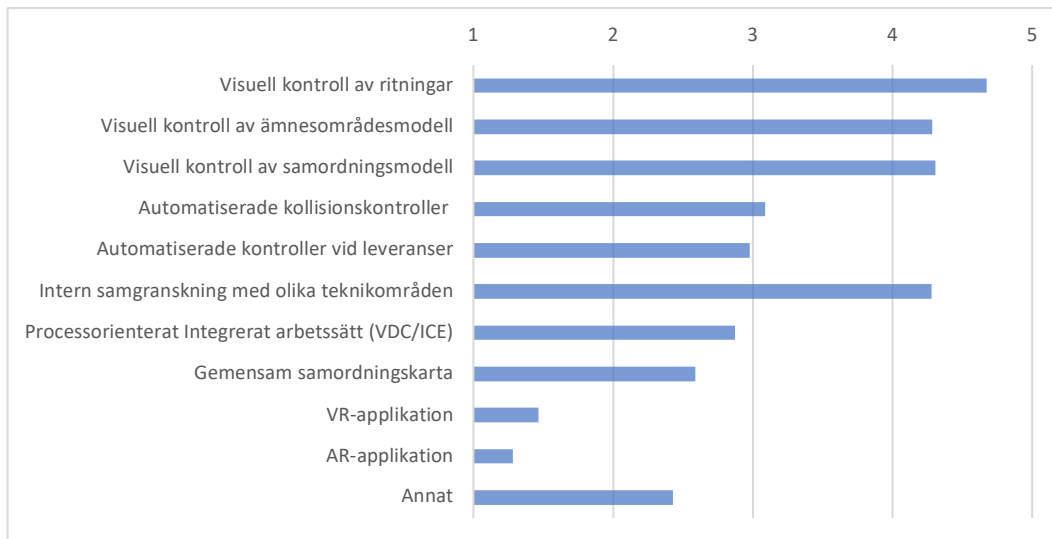


Bild 11 – Enkätfråga: Hur ofta används följande metoder för att kontrollera produkter och/eller (del)leveranser. Skala 1-inte alls / 5-mycket.

En annan fråga tog upp vilka metoder som används för att kontrollera objektorienterade informationsmodeller (se bild 12). Konsulter svarar att de kontrollera modellerna främst med hjälp av visuella kollisionkontroller, vid samgranskningsmöten, på projekterings- och teknikmöten och med checklistor vid leverans.

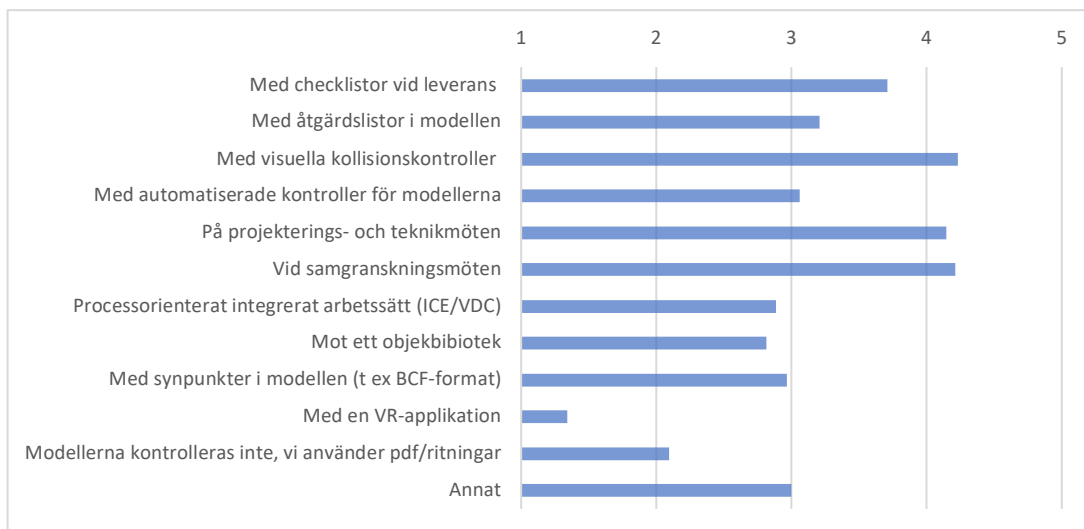


Bild 12 - Enkätfråga: Om ni arbetar med objektorienterade informationsmodeller i vilken grad kontrolleras modellerna utifrån listade aktiviteter? Skala 1-inte alls/5-mycket.

6.1 Organisation för kvalitetssäkring

Rollen kvalitetssäkringsansvarig: I enkäten svarade 68,50% att de har en utpekad roll för kvalitetssäkringsansvarig i deras projekt. För vissa var detta den enda arbetsuppgift eller att de var ansvarig för kvalitetsarbete. För andra fanns det andra arbetsuppgifter som datasamordning och BIM, kravhantering, arbetsmiljö och säkerhet, eller uppdragsledning.

Men hur arbetsuppgifter var fördelade utifrån kvalitetssäkringssamordning och andra uppgifter varierade per projekt och per person. Från enkäten kom det in ett antal öppna svar som tog upp organisation och resurser för kvalitetssäkring. En person nämnde att det behövs flera resurser för kvalitetssäkring och mer tid och fokus behöver läggas på detta. En annan svarade att det krävs mer utbildning, insikt och helhetsgrepp från projektledningen.

6.2 Automatiska kvalitetskontroller

Inom järnväg är egenkontroll kravställt av beställaren och sker vid teknikområdenas interna granskningar och samgranskningar. För att kontrollera ”modellhygien” använder vissa konsulter ett system som gör verifiering av t ex namnsättning, lagernivåer osv enklare. Med regler och script i programmet FME (Feature Manipulation Engine) utförs, redan idag, kvalitetskontroller automatiskt och till stor del.

Regelverket för väg och järnväg innehåller textbaserade krav som är svåra för en dator för att kontrollera automatiskt.

Genom enkäten får man en insikt i vilka kontroller som är mest automatiserade idag. En del har svarat att kollisionkontroller är mest automatiserat men att CAD/modellhygien och lagerkontroll också till stor del är automatiserat idag. Flera respondenter anger metadata och attribut, visuell kontroll av modellerna och mängdning som exempel på områden där det enkelt skulle kunna automatiseras.

Trafikverkets krav för BIM tar upp den generiska kravställningen att konsulter ska leverera föreslagna tekniska lösningar i både ritningar och modeller, vilket enligt konsulterna betyder mycket dubbelarbete. Hur mycket man jobbar med BIM är delvis styrt av projektet, projektledaren och upphandlingsformen. Vissa projekt är modellbaserade men många kvalitetskontroller inom järnväg utgår från ritningar som för signalsäkerhetsgranskningen. Kvalitetskontroller som görs internt för järnväg är: internkontroll, samgranskning och sen signalsäkerhetsgranskning. Signalsäkerhetsgranskningen tar mycket tid, är komplex och är mest säkerhetskritisk. Kvalitetskontroll av tekniska lösningar görs kontinuerligt och är tillspetsat inför en slutleverans. Sista kontrollerna görs av beställaren via mottagningskontroll när produkten levereras. I vissa projekt jobbar man med ärendehanteringssystem eller aktionslistor för att skapa ärenden och uppföljning av ärenden i Navisworks.

Järnväg skiljer sig från andra anläggningar för att det finns ett stort behov av information i förvaltningssyfte och för drift och underhåll. Förvaltningssystemen styr till viss del leveranserna och förväntningar på arbetet. Järnvägsprojektering är mycket styrt, det finns typritningar för ”allt”. Det som är svårt inom järnvägsprojektering är att man jobbar med mycket gamla system som konsulterna ska projektera mot. När man gör en förändring inom ett befintligt system, använder man ritningar som ska uppdateras.

En del konsulter i Norge använder sig av mycket av automatiserade kontroller för modellerna som exempelvis kollisionkontroll. De kopplar också ärendehantering till modellerna i t ex programmet Jira. Ärendehantering eller aktionslistor används aktivt i stora anläggningsprojekten inte bara för ärenden, men också för arkivering och loggning.

Konsultföretagen tillfrågades om vilka de tre viktigaste vinsterna, för att införa automatiserade kontroller, de ser inom deras företag. Bild 13 visar resultaten och viktigaste vinsterna är: frigör tid för andra arbetsuppgifter/bättre lösningar, effektivare kvalitetsprocess och bättre kvalitet.

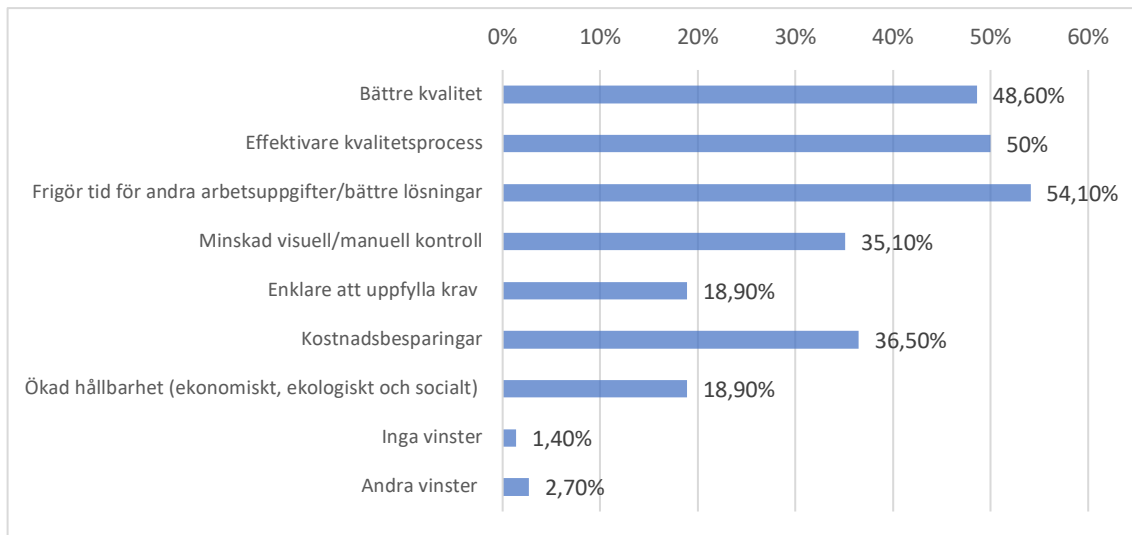


Bild 13 – Enkätfråga: Vad ser du för potentiella vinster inom er organisation med att införa automatiserade kvalitetskontroller – anger de 3 viktigaste vinsterna. Skala visar antal svar i procent.7

7 Reflektion över kvalitetskontroller enkätsvar

Svar från enkäten, som skickades till Svenska teknikkonsultföretag och Trafikverket, delades upp i väg och järnväg för att se om det finns skillnader i kvalitetskontroller. I bild 14, visas olika metoder för att kontrollera produkter. Visuell kontroll av ritningar, ämnesområdesmodell, samordningsmodell och intern samgranskning med olika teknikområden används relativt mycket både för respondenter som arbetar inom väg- respektive järnvägsprojekt. VR och AR applikationer används nästan inte alls. För järnvägsområdet angavs det även andra metoder för kvalitetskontroller som t ex kontroll av PDF-filer eller texter.

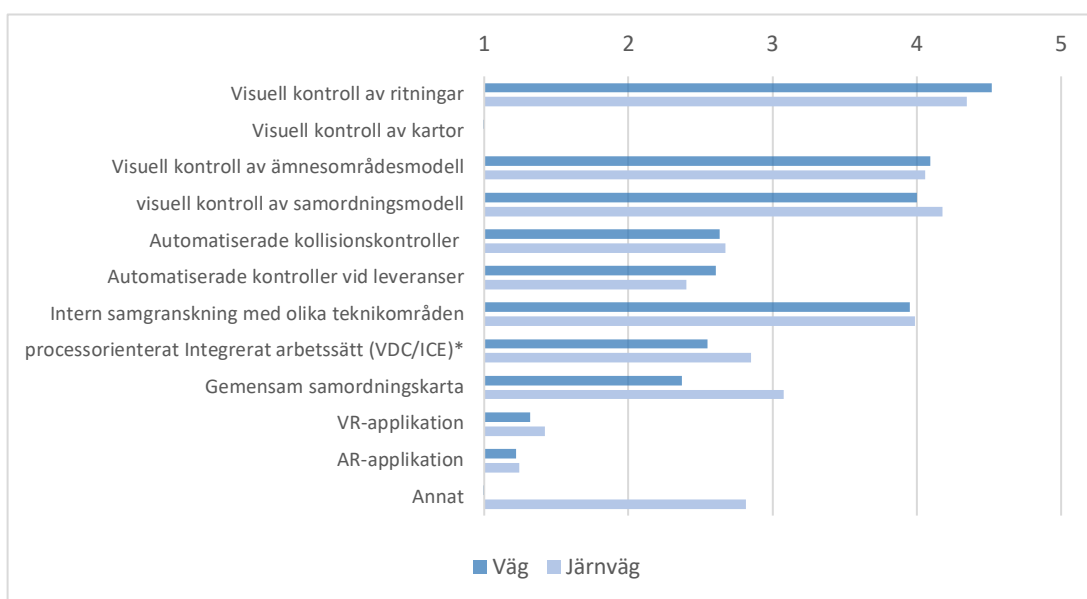


Bild 14 – Enkätfråga: Hur ofta används följande metoder för att kontrollera produkter? Skala 1-inte alls/5-mycket.

I enkäten efterfrågades hur olika förutsättningar påverka ditt projekts kvalitetssäkring och kontroll (se bild 15). Svaren mellan personer som arbetar med väg eller järnväg skiljde sig inte mycket och nästan alla svar svarade med 3-4 på en skala från 1-5. Inom järnväg kom det fram att man använder objekttypsbibliotek i större omfattning än på väg. Sen svarade respondenterna att de använder automatisering för kvalitetskontroller bara till en viss del.

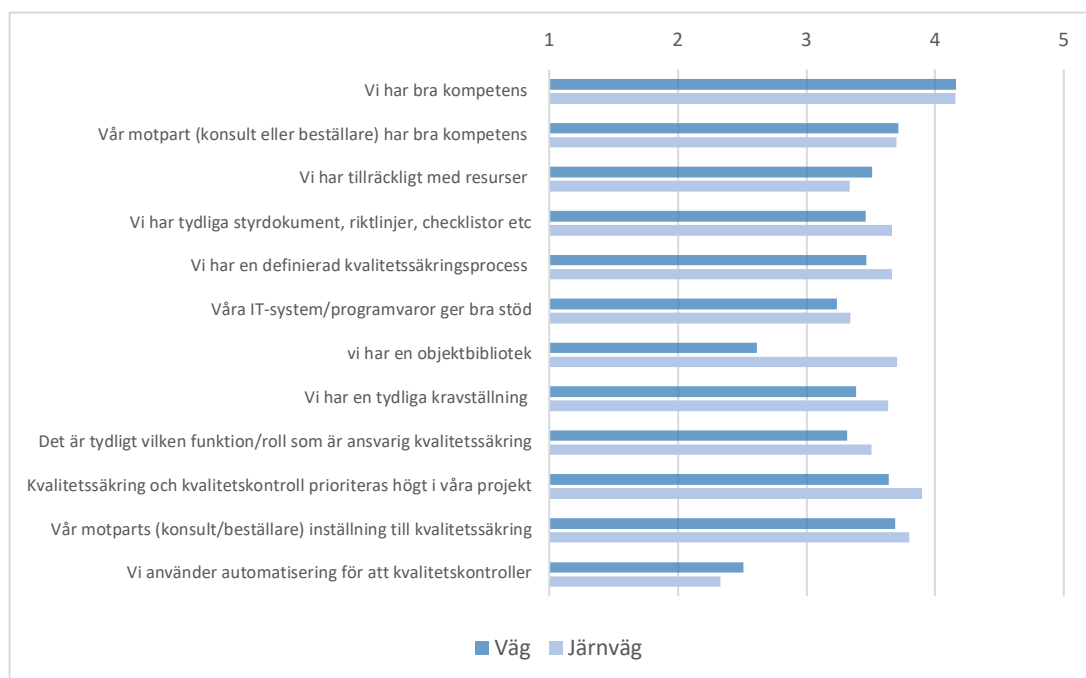


Bild 15 – Enkätfråga: Hur påverkar förutsättningar ditt projekts kvalitetssäkring och kontroll? Skala 1-inte alls /5-mycket.

I enkätresultaten framkom att det finns vissa skillnader i när man kontrollerar modellerna och i vilken grad modellerna kontrolleras (se bild 16). Både respondenter som arbetar inom väg och järnväg svarade att de arbetar med checklistor vid leverans, visuella kollisionskontroller, och med kvalitetskontroller på möten (projekterings- och teknikmöten och samgranskningsmöten). Inom järnväg arbetar man lite mer med ett processororienterat integrerat arbetssätt (som ICE/VDC) och mot ett objekttypsbibliotek. BCF och hantering av synpunkter i modellen används bara till en viss del.

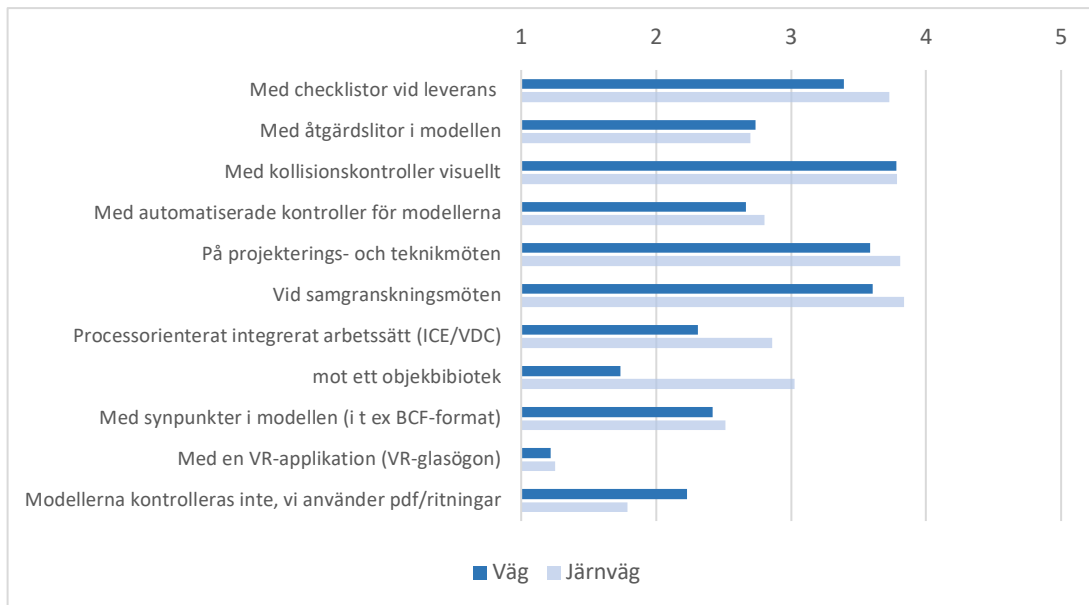


Bild 16 - Enkätfråga: I vilken grad kontrolleras modellerna? Skala 1-inte alls/5-mycket.

Vad som kontrolleras i modellerna skiljer sig för respondenter som arbetar inom väg och järnväg (se bild 17). Det kan bero på användning och krav för objektorienterad informationsmodell men också ett mer styrt regelverk för järnväg som kräver andra typer av kontroller.

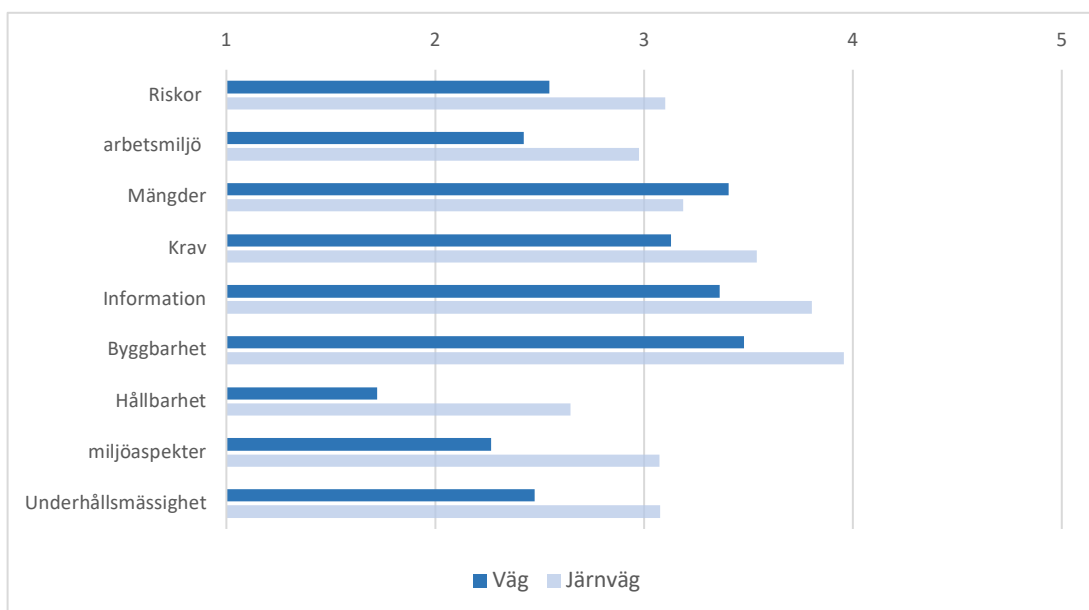


Bild 17 – Enkätfråga: Vad kontrolleras i en objektorienterad informationsmodell? Skala 1-inte alls/5-mycket.

8 Exempel på effektivare kvalitetssäkring

I detta avsnitt beskrivs kort ett antal anläggnings- och forskningsprojekt som ger exempel på hur man, genom olika strategier och metoder, arbetat för att få till en effektivare kvalitets-

säkring. Här diskuteras olika aspekter som påverkar kravhantering och kvalitetskontroller. Vissa exempel handlar om användning av kravdatabaser, maskinläsbara krav och objekttypsbibliotek, andra tar upp processer och organisationsfrågor relaterade till kvalitetskontroller. Projektexemplen presenteras utifrån olika perspektiv som produkt, teknik, organisation och process.

8.1 ERTMS - objekttypsbibliotek för signalsystem järnväg

Det europeiska järnvägsnätet ska utrustas med ett nytt gemensamt signalsystem ERTMS (European Rail Traffic Management System) för att få konkurrenskraftig järnvägstrafik. Implementeringen av ERTMS innebär att över 20 signalsystem i Europa kommer att ersättas med den gemensamma standarden, en standard som anpassas till varje land.

Inom ramen för ERTMS projektet i Sverige har bland annat ett systemstöd, ett programberoende objekttypsbibliotek, en OTL, tagits fram. Det utgår från definitioner som European Road OTL⁸ använder. Typobjekten är kravställda och samlade i en versionshanterad kravdatabas. Den består av grafiska objekt med kopplade attribut. Attributen finns samlade i en värdelista. Innehållet är kopplat till behovet av leverans för projektet och behöver utökas om biblioteket skall kunna täcka in övrig anläggningsinformation och kunna användas för Trafikverket som helhet (Törnkvist 2020).

Flertalet leverantörer, tekniska konsulter är med och utvecklar biblioteket. Enligt intervju-personer så är ERTMS det första projekt som kravställer att specifika attribut ska finnas på vissa objekt och vara kopplade till en värdelista. Projektet har tagit fram en systematik som innebär att Trafikverket kan göra automatiska kontroller och verifiera attributen. Projektdeltagare är Trafikverket och dess kontrakterade leverantörer. Projektet pågår till 2035.

Nyckelord: *Objekttypsbibliotek, OTL, Signalsystem*

8.2 D-CAT - metoder för spårbarhet av funktionella krav

Forskningsprojektet D-CAT (Digital collaboration and automatized tracing of information)⁹ utforskar metoder som kan förbättra spårbarheten av funktionella krav i olika skeden av anläggningsprojekt.

DCAT analyserar kravkommunikationen mellan beställare och leverantörer i infrastrukturprojekt, utvärderar potentialen för klassificeringssystem (CoClass och SB11) utifrån indelning, struktur och koppling till kravställning för digitala anläggningsmodeller samt undersöker möjligheter med spårbarhetsgenerering. Det för att automatiskt etablera spårbarhet mellan krav som anges av beställaren och leveranser från leverantören.

Projektdeltagare är Blekinge Tekniska Högskola, Hochtief ViCon och Trafikverket. Projektet pågår under 2020-2022.

Nyckelord: *spårbarhet, funktionella krav, klassificering, CoClass, SB11, automatisering*

⁸ www.roadotl.eu

⁹ <http://trv35052.trafikverket.local/fudinfointernWebb/pages/ProjektVisa.aspx?ProjektId=4520>

8.3 E39/V440 - maskinläsbar klassificeringsmanual för broregistrering

Statens Vegvesen i Norge har i projekt E39 - bro över Bjørnafjorden, kravställt öppna standards och en maskinläsbar databas för broregistrering.

Projektet utgår från kraven i Statens Vegvesens handbok V440 broregistrering (BRUTUS) som tillhandahåller ett gemensamt namn och kodningssystem för alla som arbetar med planering, implementering och drift och underhåll av broar. Målet är uppnå ett sömlöst, standardiserat och öppet dataflöde mellan olika faser. Implementeringen sker genom att använda informationsmodeller och automatiserade processer på ett standardiserat sätt.

Statens Vegvesen arbetar också mot ett mål att utveckla digitala tvillingar. Tvillingarna skall säkerställa enhetliga och standardiserade projektleveranser, vilket kan bidra till automatiserade processer i hela organisationen. Arbetet inom E39 - bro över Bjørnafjorden är det första exemplet på hur man i framtiden kommer att arbeta med digital konvertering.

Projektet med maskinläsbar klassificeringsmanual för broregistrering blev vinnare 2020 av det internationella priset *Client Leadership Award* som utfärdas av Building Smart (2020)¹⁰.

Nyckelord: maskinläsbara krav, öppna standarder, digital tvilling, bro

8.4 SIMBA - maskinläsbar kravdatabas för husbyggnad

Statsbygg i Norge har använt en kravdatabas för BIM och husbyggnad i flera år. Statsbyggs kravdatabas kallas SIMBA som står för S=statsbygg, I=information, M= modell, B= byggnad och A=anläggning¹¹. SIMBA används för alla BIM-krav och baseras på en maskinvaliderad kravställning, där man använder öppna standarder för att validera byggnadsinformationsmodeller (BIM) mot uttryckta kravuppsättningar.

Som öppen standard används IFC för att BIM själv ska valideras av maskinen, mvdXML för den uppsättning krav som ska valideras mot och BCF för att rapportera avvikelser mellan krav och modell.

En viktig del med SIMBA är att alla krav som Statsbygg definierar för modeller (BIM) ska kontrolleras automatiskt (det kommer fortfarande finnas vissa krav som inte kan valideras av maskiner). Automatiska kontroller kommer att ge bättre kontroll över modellernas kvalitet och att man får mer ledig tid för kvalitetssäkring för att kontrollera förhållanden som kräver mänsklig bedömning. Statsbyggs krav förvaras i form av kravmallar i en kravdatabas (som kallas BIMQ). Dessa ställer krav på egenskaper för olika objekttyper som måste vara tillgängliga från en viss aktör / roll / ämne vid en given fas / milstolpe. Kravuppsättningen är maskinläsbara och giltiga i programvara, avsedda för användning i Statsbyggs projekt, och finns i kravdatabasen (som en mall) som kan anpassas för varje projekt. I januari 2021 lanserades Statsbyggs nya BIM krav i SIMBA2.0¹² som är baserat på BuildingSmart standard IFC4. Krav på SIMBA 2.0 gäller för alla nya projekt och projekt som omförhandlar ett avtal i Statsbygg Norge från och med den 1 juli 2021.

Nyckelord: IFC4, BCF, maskinläsbar kravdatabas, automatiserade kontroller, mvdXML

¹⁰ <https://www.vegvesen.no/Europaveg/e39stordos/nyhetsarkiv/vegvesenet-vant-pris-i-buildingsmart-international>

¹¹ <https://sites.google.com/view/simba-bim-krav/hjem>

¹² <https://www.bygg.no/article/1456586>

8.5 Nya stambanor - kravdatabas för objektorienterad information

Inom programmet Nya Stambanor (höghastighetsjärnväg) har man tagit fram ett arbetssätt för kvalitetssäkring av leveranser som bygger på ICE-metodiken (integrated concurrent engineering) och där den digitala modellen har en naturlig plats (Van Raalte et al., 2019).

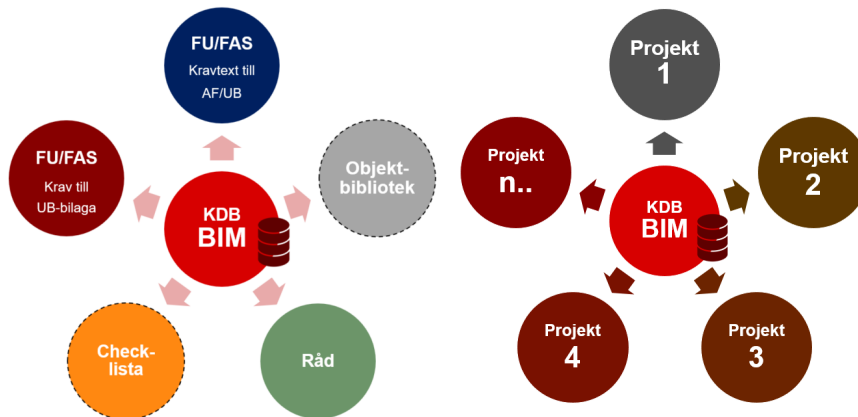


Bild 18 – Kravdatabas för BIM med tillhörande projektspecifika krav och möjligheter att få ut ett förfrågningsunderlag och råd kopplade till respektive krav.

Programmet har också en gemensam kravdatabas för BIM (i DGN). Den består av ett antal baskrav som varje projekt utgår ifrån och genom att alla projekt är kopplade till kravdatabasen kan de enkelt komplettera med egna projektspecifika krav, vilket underlättar spårbarhet och hanteringen av nya, förändrade och slopade krav. En rådsbilaga som gäller för just det projektets krav kan också enkelt tas ut. Eftersom kraven dessutom är kopplade till skede har upphandling av förfrågningsunderlag (FU) kunnat automatiseras. I framtiden kommer en checklista kopplad till kraven att kunna exporteras ut. Målet är även att koppla objekt, en OTL till kravdatabasen.

Nyckelord: kvalitetssäkring, kravdatabas, automatisk upphandling

8.6 HDMI - process för överlämning av anläggningsinformation

HDMI (hantering av digitala modeller vid överlämning av investeringsprojekt) är ett pågående verksamhetsutvecklingsprojekt inom Trafikverket som syftar till att ta fram en enhetlig och tydlig kravställning för hur anläggningsinformation ska hanteras ur ett tillgångsförvaltningsperspektiv (Aronson et al., 2021). Med exempeldata från vägprojekt Förbifart Stockholm vill man påvisa potentialen med ett arbetssätt baserat på 3D-modeller med strukturerad information om anläggningen för drift och underhåll.

Fokus inom projektet är (utifrån ett förvaltningsperspektiv) sammanställning av regelverk, standarder och format, verktyg för hantering av digitala modeller, IT-stöd för modelleveranser, strukturerad förvaltningsdata och långtidsbevarande. Projektet pågår under 2020-2022.

Nyckelord: IFC4, LCC, överlämnande, tillgångsförvaltning

8.7 Samtidig plan og projektering - integrerat arbetssätt för samverkan

I Norge ställer Nya Veier, som är en offentlig beställare inom infrastruktur, krav på VDC-certifiering i flertalet av deras komplexa vägprojekt. VDC certifiering har blivit populärt i Norge och Sverige och fler företag satsar på en VDC-utbildning och certifiering. I Norge använder flera organisationer inom anläggningsbranschen resultaten från ett forskningsprojekt som tog fram en tydlig riktlinje och handbok för *samtidigt projektering*¹³ som är baserat på ICE-metodiken. Metodiken kallas Samtidig Plan och Projektering (SPP) och definieras som ett strukturerat tillvägagångssätt för tvärvetenskapligt samarbete i projekt.

VDC (virtual design and construction) är en arbetsmetodik för hur digitala modeller kan användas och hanteras, det för att främja och stötta projektets mål och framgångskriterier. Arbetsmetodiken är utvecklad av Stanford University, USA, CIFE (USA) (cf Khanzode et al., 2006; Kunz & Fischer, 2012). Med VDC kommer en rad metoder och verktyg som stöttar arbetet med modeller bland annat Bigroom/iRoom och ICE (integrated concurrent engineering). VDC kräver att projektteamet arbetar tillsammans för att kontinuerligt hantera de ömsesidiga beroendena som finns mellan olika ämnesområden (Bosch-Sijtsema et al., 2017). I Norge och Sverige, där ICE används tillsammans med VDC-metodiken, jobbar man med ämnesövergripande arbetssessioner för att samla alla relevanta aktörer till ett gemensamt arbetspass. I rapporter från Bosch-Sijtsema et al., (2017; 2020) redogörs för ett flertal för- och nackdelar för ett integrerat arbetssätt.

Nyckelord: *gemensam integrerad arbetsmetodik, projektering- och planeringsprocess*

8.8 MIA – Modellorienterat Integrerat Arbetssätt

Studien Modellen i Centrum (2019) syftade till att ta fram en kunskapsbas genom att fördjupat undersöka integrerat arbetssätt. Projektet har kommit fram med en kartläggning och identifiering av nyttor för modell-orienterad projektering och integrerat arbetssätt. Att arbeta med *modellen i centrum* (se bild 18) avses ett arbetssätt där alla projekterande discipliner jobbar direkt mot en och samma modell som kontinuerligt uppdateras i realtid (Bosch-Sijtsema, van Raalte, Carlstedt, 2020).

¹³ <https://www.samtidigprojektering.no/>

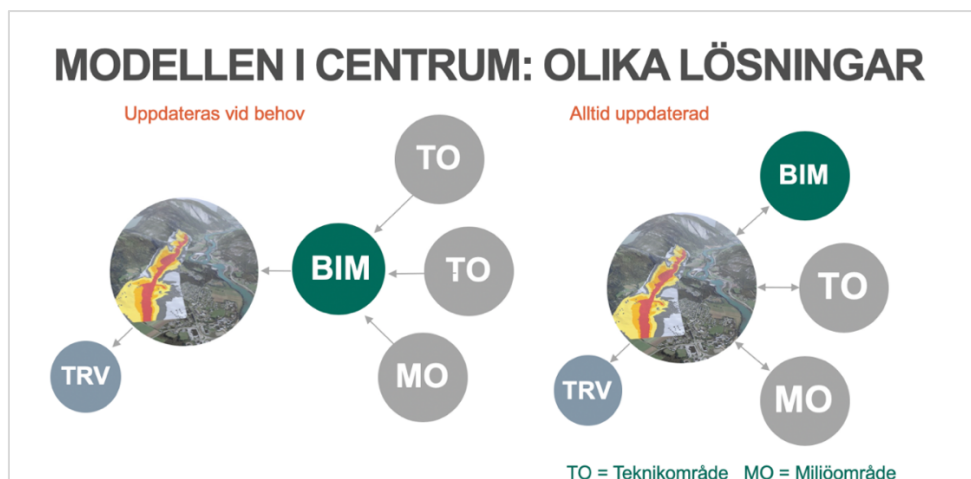


Bild 19 - Modellen i centrum – olika lösningar (lösningen till vänster = dagens lösning; lösningen till höger: morgondagens lösning) (Bosch-Sijtsema, van Raalte, Carlstedt, 2020).

För att kunna ändra till ett arbetssätt med en gemensam modell i centrum där alla jobbar med och mot samma modell kräver det en omställning i hur man jobbar med modellerna i projekt. Om man arbetar med en gemensam modell blir det också viktigt att man använder tydliga standarder och en gemensam eller ett öppet format (t ex IFC) så att alla kan jobba med samma begrepp, strukturer och format. Med ett sådant arbetssätt och gemensam modell skulle automatiserade kvalitetskontroller kunna genomföras enklare.

Nyckelord: gemensam modell, arbetsmetodik, roller, realtid

8.9 Real Estate Core - gemensamt språk för delning av data

För RealEstateCore¹⁴ projektet har Vasakronan, i samarbete med andra, utvecklat ett gemensamt system för att hantera fastighetsförvaltning; drift och underhållsdata. RealEstateCore-standarden, är en del av RealEstateCore Konsortium som är en ideell förening där Vasakronan, Akademiska Hus, Willhem, Idun Real Estate Solutions, Jönköpings Högskola samt RISE ingår.

Syftet är att etablera en gemensam definition av byggnadsrelaterade data, som förenklar styrning, övervakning och kommunikation (Kohn Rådberg och Fredriksson, 2020). Målsättningen för RealEstateCore är att överbygga befintliga standarder, inte ersätta dem. Detta gör det möjligt att beskriva, hantera, lagra och dela data som byggnader genererar (Kohn Rådberg och Fredriksson, 2020).

RealEstateCore ses som ett bidrag till den smarta staden och kan med utvecklingen av ett gemensamt språk – en ontologi - ge förutsättningar för att utveckla nya tjänster för hyresgäster, leverantörer och fastighetsägaren. Språket är en "modulär ontologi", vilket är en samling av datascheman som beskriver begrepp och relationer som kan uppstå i data och som genereras för en beskrivning av byggnader och byggsystem, t.ex. tekniska system, byggnadsstruktur, invånare, sensorer osv. Språket som utvecklades bygger på open source och ligger under en MIT-licens. RealEstateCore har varit ett gemensamt innovationsprojekt med flera ekosystem aktörer.

¹⁴ <https://www.realestatecore.io/>

Nyckelord: *ontologi, gemensamt språk mellan olika beställare, förvaltningsdata*

8.10 KIM - transparent kravutveckling med branschen

BaneNor i Norge, har i ett projekt, *KIM - krav på informationsmodeller*¹⁵, utvecklat krav för informationsmodellering, ett projekt som nu är avslutat. Projektet, som täcker in både krav för väg, järnväg och bygg, har arbetat tillsammans med branschen och man har haft full transparens som en viktig förutsättning för utvecklingen av det nya kraven.

Drivkraften har varit att få hela branschen involverade i processen genom att ge branschen möjlighet tycka till, påverka och därmed kunna förankra kravställningen. Beställaren har också arbetat nära andra branschinitiativ och det har funnits full öppenhet och insyn i arbetet. Teamet som har utvecklat kravdokumentet representerar ett stort urval av de största konsultföretagen i Norge.

Projektet har publicerat flertalet preliminära versioner över tid och har fått många återkopplingar från branschen vilka har tagits med till nästa version av kravdokumentet. Kraven har samlats i en kravdatabas, BIMQ, samma som Statsbygg. Det har resulterat i ett gemensamt och väl förankrade krav för informationsmodellering som säkerställer likriktade leveranser för både infrastruktur och bygg.

Nyckelord: *BIM krav, kravdatabas för infra och bygg, samverkan i branschen*

8.11 Project Quality Index (PQi)

Project Quality Index (PQi) var ett utvecklingsprojekt (2017-2019) som genomfördes av branschorganisationen Byggherrarna, forskare vid Luleå Tekniska universitet och Binosight AB¹⁶. PQi är ett verktyg som möjliggör mätning av kvalitet på projektnivå och som jämför projektets kvalitet med 'best practices' inom branschen. Verktöget ger insikt i hur kvalitet ser ut i hela projektet (inklusive förutsättningar och användning av BIM) och kan användas som en startpunkt för att börja åtgärda kvalitetsbrister.

Nyckelord: *kvalitetsmätning av projekt*

9 Beställarroll - värdeskapande och aktiv kvalitetsstyrning

Enligt Karlsson (2020) har beställaren en stor påverkansmöjlighet i hur kvalitetsstyrningen fungerar i branschen, varför synsättet och förhållningssättet från Trafikverket i relation till kvalitetsfrågor har en stor betydelse för kvalitetskulturen i hela branschen. I enkäten efterfrågades hur motpartens (konsult eller beställare) inställning till kvalitetssäkring påverkar kvalitetssäkring och kvalitetskontroll (se vänster bild 20). Både konsult (medelvärde = 4) och beställare (medelvärde = 3,56) ansåg att motparts inställning påverkar kvalitetssäkring och kontroll. För frågan i vilken grad en förändrad inställning hos motpart ger en

¹⁵<https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/ringeriksbanenoge16/krav-til-informasjonsmodellering-kim/>

¹⁶ <https://binosight.com/>

förbättrad kvalitet på slutprodukten tyckte också konsulter (medelvärde = 3,43) och beställaren (medelvärde = 3,7) att detta stämde till viss del (se höger bild 20).

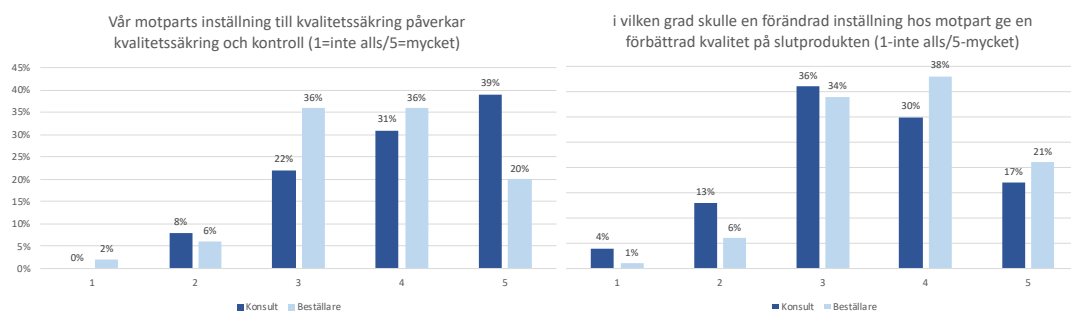


Bild 20 – Enkätfrågor: Vår motparts inställning till kvalitetssäkring påverkar kvalitetssäkring och kontroll och i vilken grad skulle en förändrad inställning hos motpart ge en förbättrad kvalitet på slutprodukten. Skala 1=inte alls / 5 – mycket.

Utifrån Trafikverkets förhållningssätt *Renodlad beställare 2016* (FOI-CE 2018) har fokus varit att inte ställa konkurrensbegränsande krav, att minska de kostnadsdrivande kraven samt att utöka marknadsansvar för hur uppdraget ska genomföras. Kraven skulle också bli färre, samordnade och mer funktionella, som öppnar upp för innovation och nytänkande (TDOK 2014:0086). Då ansågs det att för samtliga leverantörer är regelverkets omfattning (inklusive de delar av regelverket som inte är uppdaterat och inte praktiskt används i fält) var ett problem. De tekniska regelverken behövde moderniseras och anpassas. Regelverken är väldigt detaljstyrande och de behöver riktas mer mot funktionalitet.

Pendeln har svängt och med renodlad beställare avses nu *kunnig beställare* och mer mot arbetssätt såsom succesiv uppföljning (Bosch-Sijtsema, van Raalte, Carlstedt, 2020, se **Error! Reference source not found.**). Vilket innebär att kravställningen enklare kan följas upp och förklaras och att fel kan uppdagas i tidigare skeden, se kap 5.3.2. Initiativet, projektet Anpassat regelverk har inte nått hela vägen. Det tekniska regelverket är nu uppdelat på krav och råd och placerade i en kravdatabas, TRVInfra, men med begränsad användning utifrån de möjligheter med databaser som finns.

I ett uppdrag inom Trafikverket försöker man effektivisera och anpassa planläggningsprocessen till olika typer av projekt så att den ska bli mer effektiv. I 10 projekt har alla fått fria händer att ta bort de krav de tror kan förenkla och effektivisera processen. En konsekvens av har blivit att vissa projekt tog bort alla krav på BIM.

Den renodlade beställarrollen har diskuterats i flera rapporter och Trafikverket genomför nu ett arbete runt utveckling av beställarrollen. De har initierat ett projekt kallat *Utvecklad beställarroll* som genomförs i fem delprojekt. Målet är att Trafikverket ska vara en *värdeskapande, aktiv och tydlig beställare*. Ett delprojektet fokuserar på att utveckla GÅ-processen (Genomföra Åtgärder processen), där man har utformat nya, enhetliga arbetssätt för leverantörsmöten, leverantörsronder och hantering av UR och ÄTA. Målet är att Trafikverket ska uppfattas som en *enhetlig beställare* av leverantörer. Inom projektområdet utvecklad ledarskap/projektledning och utveckling riskhantering genomförs därför under våren 2021 en kartläggning runt beställarrollen.

Beställarrollen i Sverige utvecklas för att bli mer värdeskapande, aktivt och tydligt.

Norska beställaren - mer fokus på processen

I Norge har man flera statliga beställare inom anläggningsbranschen, BaneNor, Nye Veier och Statens Vegvesen, och alla har de har olika krav och arbetssätt. Nye Veier till exempel, som

bara har stora och komplexa projekt, vill lyfta branschen och utmanar med höga krav på nya arbetssätt, krav på leverans av hela Quadridatabasen (från Trimble), krav på att arbetsmodeller och ämnesområdesmodeller delas med beställaren i ett öppet format (t ex IFC), samt krav på leverans av all grunddata som erhållits i projektet såsom GIS-data, illustrationer, presentationsmodell och samordningsmodell. Enligt Aronson et al. (2021), har Statens Vegvesen, Norges vägmyndighet beslutat att revidera och kombinera riktlinjerna för den existerande handboken R700 (Tegningsgrunnlag), som gäller för traditionella ritningar, med V770 handboken (Modellgrunnlag). Enligt Aronson et al. (2021) har granskning/kontroll och godkännande processen anpassats till modellbaserad design utan pappersritningar. Hela processen kan idag utföras med hjälp av endast modeller. Kontroller görs in i modellen (inte ritningar, det finns inga speciella krav på programvara som ska användas vid kontrollen och granskaren skriver kommentarer i BCF format in i modellen.

Nya Veier ställer krav på teknik men också på själva processen, som att leverantören ska använda VDC. Krav på transparens innebär att beställaren ska ha tillgång till all information under hela projektens gång vilket medger insyn i modellen och att all information ska visas utifrån BIM. Ett exempel från kravskrivning är:

”Helt öppen process- och dataintegration aktiverad av” webbtjänster ”som överensstämmer med de framväxande IFC / IFD-standarderna, som hanteras av en samarbetsmodellserver. Kan betraktas som iBIM eller integrerad BIM som potentiellt använder samtidiga tekniska processer”

Konsulterna ska alltså stå för webaccess och webbtjänsten. Beställaren får en licens att använda webbtjänsten. För vissa beställare och projekt är det också viktigt att servern till webbtjänsten står i Norge för säkerhetsskäl.

Kraven från beställare i Norge värderas högt i projekten då det handlar om tillgång till information och processer och beställaren litar på att leverantören, konsulterna genomför kvalitetskontroller inom projektet.

Projekt som utförs för Nye Veier har krav på att använda VDC som process och enligt intervjuerna fungerar den processen väldigt bra. Beställaren är engagerad och med i processen under hela projektets gång och det ger dem den information de behöver för att ta kunna beslut och att veta att de får det som är beställt. Det är ett sätt att kontrollera kvalitet under hela projektets gång.

Intervjuerna bekräftade också att det, för att få till en god kvalitetssäkringsprocess och kvalitetskontroll, är viktigast med en bra process som stödjer genomgångar av vad som sker i projektet kontinuerligt.

Beställarrollen i Norge är aktivt engagerad (för en del beställare), är tydligt (kravställning) och ställer process krav (genomförande krav) som lyfter upp nya arbetssätt. I jämförelse med Sverige, så har Sverige inte ställt krav på process och det blir svårare att genomföra nya arbetssätt som fokusera på samverkan.

10 Sammanfattning och konklusion

Denna rapport är en kartläggning av kvalitetssäkring och kvalitetskontroll för anläggningsprojekt. Kartläggningen är en del av ett större forskningsprojekt *Integrerad kvalitetssäkring och automatiserad kvalitetskontroll i komplexa projekt* som syftar till att undersöka kvalitetssäkring och kontroll för att kunna utveckla, testa och utvärdera en mer effektiv

process och beslutsfattande kopplat till användande av digitala objektorienterade information- och anläggningsmodeller. Syftet med delrapporten är att presentera en kartläggning av nuvarande process för leveranser, kvalitetssäkring och kravhantering inom projekteringsfasen, både hos Trafikverket och leverantören. Kartläggningen ger insyn i möjliga förbättringar och effektiviseringsvinster inom kvalitetssäkringsprocessen för nästa delprojekt i forskningsprojektet. Kartläggningen genomfördes med hjälp av litteraturundersökning, intervjuar och en enkät.

För att få en tydlig och gemensam uppfattning har vi i denna rapport definierat ett antal begrepp inom kvalitetsområdet som kvalitet, kvalitetsstyrning, kvalitetssäkring, kvalitetskontroll och inspektion. Ett antal standarder och öppna filformat har tagits upp som är relevant när man undersöker möjligheter att automatisera kvalitetskontroller med hjälp av digitala modeller.

Kvalitetssäkring i Trafikverket diskuteras i två delar, första delen diskuterar olika typer av krav, kravdatabaser, arbetssättet systematisk kravhantering, och uppföljning av krav (t ex succesiv uppföljning). Andra delen tar upp kvalitetskontroller, vad som kontrolleras och vem som kontrollerar kvalitet (organisation), hur ser processen ut för kvalitetssäkring (GÅ processen) och kontroller (typ av kvalitetskontroller) och vilka automatiska kontroller redan finns. Sammanfattningsvis, från intervjuer, enkäten och rapporter, behövs det ett större fokus på de olika aktiviteter som ingår i kvalitetsarbetet för projekt.

Det finns ett behov av att tydliggöra begrepp, den gemensamma arbetsprocessen, kravställning relaterat till kvalitet samt stöd i form av mallar, checklistor och mer resurser internt. Just nu används automatiska kvalitetskontroller till liten del i Trafikverkets investeringsprojekt. Detta kan bero på olika aspekter som mognad inom teknik, att krav behöver skrivas på ett annorlunda sätt (maskinläsbara krav), kunskap, men också att man inte använder digitala modeller i alla projekt.

Kvalitetssäkring hos leverantörer diskuterades utifrån vilka produkter kontrolleras, vem som kontrollerar och vilken intern process används för kvalitetssäkring och kontroller. Leverantörer använder flera olika arbetssätt och metoder för kvalitetskontroller som oftast ligger i linje med vad beställaren efterfrågar. Inom järnväg och väg arbetar man med både 2D (pdf filer) och 3D modeller och till stor del sker kvalitetskontroller med visuella metoder. Några leverantörer har börjat med automatiska kontroller för interna granskningar och egenkontroll för att effektivisera sitt egna arbete.

Svaren i enkäten ger en överblick av de kvalitetskontroller som genomförs inom väg och järnväg. Det finns skillnader i hur ofta man använder olika typer av tekniker /metodiker för kvalitetskontroller och vad som kontrolleras.

I rapporten beskrivs kort ett antal exempel på olika metoder som används och testas inom investeringsprojekt och utvecklings- och forskningsprojekt för att effektivisera kvalitetssäkring. Projektexemplen presenteras utifrån perspektiven Produkt-Organisation-Process (POP). Exempelprojekten diskuterar till exempel objekttyplibrot, maskinläsbara krav, automatiserade kontroller, kravdatabaser, användning av IFC4, men också nya roller och ansvarsfördelningar och ett tydligt arbetssätt som stödjer kvalitetssäkring.

Diskussion om utveckling av beställarrollen tar upp hur beställarrollen har förändrats över tid och vart den är på väg. En utvecklad beställarroll är mer aktiv och engagerad under hela projektprocessen och följer upp successivt, ställer processkrav, är tydlig (ställer tydliga krav) och är värdeskapande.

Från hela kartläggningen finns det ett antal områden som har kommit upp och som behöver studeras vidare eller arbetas med:

- Det är viktigt att få fram en gemensam syn på kvalitet och kvalitetssäkring i hela anläggningsbranschen och definiera begrepp, mål och arbetssätt.
- Det krävs ett systematiskt arbetssätt med en tydlig process för kvalitetssäkring.
- Beställaren har en stor påverkansmöjlighet i hur kvalitetsstyrningen fungerar i branschen, varför synsättet och förhållningssättet från Trafikverket i relation till kvalitetsfrågor har en stor betydelse för kvalitetskulturen i hela branschen (Karlsson, 2020).
- Ansvarsfördelningen för vem som är ansvarig för vissa kvalitetskontroller är inte alltid tydlig och kan förbättras med hjälp av t ex kvalitetssäkringsmatriser som tydliggör ansvarsfördelningen vid leverans.
- Relevant att se över hur organisationer metodiskt ska arbeta med kvalitetssäkring – hur ska detta organiseras internt och vilka resurser och roller som finns och är lämpliga.
- För att få en gemensam syn behövs det utbildning för både beställare och konsulter (t ex projektledningen) inom kvalitetssäkring.
- Skapa förutsättning för automatisering genom att se över formulering av krav för kunna koppla råd, checklistor och göra dem maskinläsbara. Kravställningen kanske behöver ändras inför automatisering. Se över behov av att formulera nya krav för att enklare kunna automatisera processer.
- Kravställ ett öppet format som IFC men se över konsekvenserna av ett införande och komplettera kravställning vid behov.
- Se till att beställaren och konsulten i ett tidigt skede blir bekant med varandras arbetssätt och processer för att underlätta i kvalitetssäkringen.
- Utveckla systematisk kravhantering genom bättre uppföljning av krav vilket gör det till ett verktyg för att mäta framdrift i projekt.
- Skapa förutsättningar för automatisering genom definiera detaljeringsnivåer (LOX), status på modellen (MMI), hantering av synpunkter och ändringar.
- Nyttja möjligheterna med kravdatabas till att kvalitetssäkra digitala modeller, och automatisera upphandling

11 Fortsatt arbete

Rapporten är en delleverans för arbetspaket 1 (AP1) och kommer att slutrapporteras när hela projektet avslutas under våren 2022.

Referenser

Aronsson, O., Ibrahim, K. Gustavsson, E. & Bergman, O. (2021). Hantering av Digitala Modeller vid överlämning av Investeringsprojekt - HDMI. Rapport AP2 Digitala modeller i förvaltningen. Dokumentdatum 2021-03-19 Version: 1.0

Bergman, B. & Klefsjö, B. (2012). Quality. From customer needs to customer satisfaction. Studentlitteratur.

Bosch-Sijtsema, P.M., van Raalte, S., Carlstedt, J. (2020). Slutrapport: Modellorienterat integrerat arbetssätt – för bättre samverkan i komplexa projekt, Ärendenummer: 6883

Bosch-Sijtsema, P., Carlstedt, J., Hermundsgård, M. & Raalte, van R. (2017). Förstudie: BIM, integrerade arbetssätt och samverkan - för ökad kvalitet och innovation i stora komplexa projekt. Rapport Trafikverket, Dokumentdatum: 2017-09-01, Ärendenummer: 6383

Brink, M. (2020). Genomlysning av ledning och styrning av projektering. Rapport Trafikverket.

Bröchner, J, Josephson, P-E & Kadefors, A. (2002). Swedish construction culture, management and collaborative quality practice, Building Research and Information, 30(6), 392-400.

BuildingSmart (2019). IFC Rail Project, Context and Approach (October 2019). Report version 1.1. Building Smart Railway Room.

BCA. (2005). Code of practice on buildable design. Building and Construction Authority (BCA), Singapore.

Chen, L., & Luo, H. (2014). A BIM-based construction quality management model and its applications. Automation in Construction, 46, 64-73.

Dalmalm, T. & Vedin, P. (2018). Successiv uppföljning av beställda uppdrag i komplexa projekt. Version 1.0. Publikationsnummer: 2018:083

Ek, M. (2018). Visualisering av inspektionshandlingar i 3D. Trafikverket rapport.

Floros, G. S., Boyes, G., Owens, D., & Ellul, C. (2019). Developing IFC for infrastructure: a case study of three highway entities. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 4.

Gremyr, I., Bergquist, B., Elg, M. (2020). Quality management: an introduction. Studentlitteratur.

Hallén, K. (2018). Trafikverkets implementering och utveckling av BIM - projekteringsprocessen utifrån ett sociotekniskt perspektiv. KTH, School of Engineering. MSC thesis (Svenska).

Hashim, M., Salah, M., Den, M.N. (2013). Quality control, quality assurance, systems and application. Quality control basics and systems. Helwan University, Faculty of engineering.

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. MIS Quarterly, 28(1), 75–105.

Häussler, M., & Borrmann, A. (2020). Model-based quality assurance in railway infrastructure planning. Automation in Construction, 109, 102971.

ISO 9000 / SS-EN ISO 9000, Ledningssystem för kvalitet – Principer och terminologi

- ISO 9001:2015 / SS-EN ISO 9001:2015: Ledningssystem för kvalitet – Krav/ Quality Management systems – requirements.
- ISO 19650-1: Concepts and principles (2018). Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling -- Information management using building information modelling.
- Karlsson, M. (2015). Beställarens kvalitetskontroll av beställda Uppdrag. Rapport Trafikverket.
- Karlsson, M. (2021). Regeringsuppdrag. Kostnadsutveckling vid upphandling och genomförande av investeringsprojekt. 2021-03-26. Rapport Trafikverket, publikationsnummer 2021:090.
- Khanzode, A., Fischer, M., Reed, D. & Ballard, G. (2006). A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process. CIFE Working Paper #WPO93, Stanford University, USA.
- Kohn Rådberg, K. & Fredriksson, P. (2020). Att leda innovation. Fem exempel från bygg och fastighet. CMB kortrapport om forskning 2020: nr. 2.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2012). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. CIFE Working Paper #WPO97, Stanford University, USA
- Langford, D. A., El-Tigani, H., & Marosszeczy, M. (2000). Does quality assurance deliver higher productivity? Construction Management and Economics, 18 (7), 775-782.
- Mirnezami, B. (2015). Vad blir effekten av att satsa på kravhantering. Examensarbete MMK 2014:06 MCE 260
- van Raalte, S. et al. (2019). Strategisk inriktning, BIM och Kvalitetssäkring inom NGJ. Process – Organisation – Produkt. Trafikverket.
- Parsanezhad, P., Tarandi, V. och Lund, R. (2016). Formalized requirements management in the briefing and design phase, a pivotal review of literature. Journal of Information Technology in Construction (IT-con), vol. Vol 21, pp. 272-291.
- Severinson, H. (2014). Byggsektorns egenkontroll: handbok med mallar och exempel Stockholm: Svensk Byggtjänst
- SIS/TK323: SIS: Svenska Institut för Standarder.Handledning för datakvalitet, utgåva 2020-02-11.
- Solihin, W. & Eastman, C. (2015). Classification of rules for automated BIM rule checking development. Automation in Construction. 53: 69–82.
- Solihin, W., Eastman, C., & Lee, Y.C. (2015). Toward robust and quantifiable automated IFC quality validation, Advanced Engineering Informatics 29: 739–756.
- Spross, E. (2020). SMIL-Smart modelleverans i infrastrukturprojekt. Ökad samverkan för en digital och hållbar anläggning. Smart Built Environment, slutrapport
- Stahre Wästberg, B., Thuvander, L., van Raalte, S., Billger, M. (2021). Att synliggöra det osynliga. Kartläggning av representation av miljödata i digitala modeller. Rapport Miljövis projekt Trafikverket.
- Svensson Tengberg, C. & Strand, H. (2019). Systematisk kravhantering inom byggindustrin. Förstudie. SBUF rapport 13361, 2019-09-12

TDOK2014:0072 Trafikverkets interna hantering av Transportstyrelsens godkännandeprocess för järnväg.

TDOK 2018:0079 Kvalitetssäkring av objektorienterad informationsmodell - VO PR

TDOK 2016:0032: Kvalitetsstyrning i upphandlad verksamhet - Entreprenad och Projekteringstjänster, 2020-06-01

Törnkvist, M. (2020). Utredning i trafikverket - verksamhetens systemstödsbehov av en objektstypsdatabas. Rapport 2020-11-10.

Uludag, E. N. (2017). Implementation of systematic requirements engineering in infrastructure projects: Case study at the Swedish Transportation Administration. KTH INDEK 20017:83, Stockholm, 2017.

Trafikverket, 405 33 Göteborg. Besöksadress: Vikingsgatan 9
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se