Rapport nr. U10-2022-1

AI Factory/ Construction

RAMIN KARIM, AMIT PATWARDHAN, SAMEER PRABHU, OLLE SAMUELSON, KAJSA SIMU
LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

SMART BUILT ENVIRONMENT

AI Factory/Construction

Slutrapport

Ramin Karim, Amit Patwardhan, Sameer Prabhu, Olle Samuelson, Kajsa Simu
Luleå tekniska universitet
2025-04-16

Med stöd från
VINNOVA Sveriges innovationsmyndighet
Energimyndigheten
FORMAS
Strategiska innovations-program

Förord

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhälls-byggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya möjligheter som digitaliseringen för med sig. Smart Built Environment är ett av 17 strategiska innovationsprogram som har fått stöd inom ramen för Strategiska innovationsområden, en gemensam satsning mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Syftet med satsningen är att skapa förutsättningar för Sveriges internationella konkurrenskraft och bidra till hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar.

Samhällsbyggnadssektorn är Sveriges enskilt största sektor som påverkar hela vår be-byggda miljö, men den är fragmenterad med många aktörer och processer. Att förändra samhällsbyggandet med digitaliseringen som drivkraft kräver därför samverkan mellan många olika aktörer. Smart Built Environment tar ett samlat grepp över de möjligheter som digitaliseringen innebär och blir en katalysator för spridningen av nya möjligheter och affärsmodeller.

Våra mål:

- Cirkulär resurshantering och effektivare processer avseende tid och kostnad – från planering till långsiktig förvaltning
- Den bebyggda miljöns kvalitet har utvecklats, och genomsyras av funktionell hållbarhet, estetisk utformning, lång livslängd och robusthet
- Tydligt bidra till minskade utsläpp av växthusgaser i enlighet med Sveriges klimatmål för 2030
- Flera nya värdekedjor och ny affärslogik baserad på livscykelperspektiv, plattformar samt nya konstellationer av aktörer

I programmet samverkar programparter från näringsliv, kommuner, myndigheter, bransch- och intresseorganisationer, institut och akademi. Tillsammans nyttiggör vi den kunskap som tas fram i programmet.

AI Factory/Construction är ett av projekten som har genomförts i programmet. Det har letts av Luleå tekniska universitet och har genomförts i samverkan med NCC och HÖ Allbygg samt med finansiering från SBUF.

Forskargruppen vill tacka organisationer, företag och individer inom byggsektorn för deras generösa stöd under hela forskningsprocessen, särskilt när det gäller att dela med sig av sin tid, expertis och erfarenheter under projektet. Ett särskilt tack till SBUF (Svenska byggbranschens utvecklingsfond) och det strategiska innovationsprogrammet Smart Built Environment för finansiering, samt NCC och HÖ Allbygg för deras stöd och bidrag genom hela projektet.

Forskningsprojektet har letts av professor Ramin Karim, LTU. Övriga medverkande i projektet har varit: Amit Patwardhan, Sameer Prabhu, Kajsa Simu och Olle Samuelson, samtliga från LTU. I den första fasen medverkade även Gaurav Sharma, LTU.

April 2025

Sammanfattning

Detta forskningsprojekt har syftat till att utforska hur digitala verktyg och AI kan stötta beslutsfattande för platsledningen på en byggarbetsplats. Effektivt beslutsfattande är avgörande för att hantera framdriften på byggarbetsplatser där platschefen har ett stort ansvar för en mängd olika aktiviteter som tillsammans ska bidra till projektets mål. Kritiska beslut för detta kan tex innehålla tekniska, ekonomiska, tidsmässiga, logistiska eller säkerhetsmässiga aspekter. Ett effektivt beslutsfattande kräver bland annat tillgång till korrekt och aktuell information, liksom förmågan att analysera denna. Digitalisering och AI har stora förutsättningar att bidra med detta, och har inte utnyttjats lika väl inom byggbranschen som i andra industrier.

Projektet har utforskat ett antal möjliga användningsfall där befintlig teknik i olika kombinationer skulle kunna bidra med ett stärkt beslutsstöd. Dessa användningsfall identifierades genom semistrukturerade intervjuer till: Armeringsstål, Byggnadsställningar, Erfarenhetsåterföring, Hälsa och säkerhet, samt Optimerad planering. För samtliga fall har tänkbara kombinationer av teknik föreslagits och för ett användningsfall (Byggnadsställningar) har tekniken utvecklats testats och demonstrerats genom en prototyp. Den tekniska lösningen bygger på skanning med hjälp av LiDAR (Light Detection and Ranging) till ett punktmoln som genererar en modell av byggnadsställningen. Vidare har ett flertal algoritmer utvecklats för att dels extrahera och identifiera objekt i modellen, dels jämföra ursprunglig modell med modeller där förändringar skett, dels jämföra modellen med regelverket för konstruktionen. Slutligen har VR- och AR-teknik använts för att presentera och tillgängliggöra informationen för platsledningen. Demonstrationer för och intervjustudier med företagsrepresentanter har sedan används för att utvärdera prototypens förmåga att bidra till beslutsstöd i en operativ verksamhet.

Resultatet tyder på att digitalisering och AI-stöd kan bidra till ett effektivare mer informerat beslutsfattande på en byggarbetsplats. Den genomförda studien med prototyp för byggnadsställningar visar på att detta kan bidra till:

- förbättrad säkerhet och efterlevnad;
- effektivare inspektioner;
- ökad förmåga till informerat beslutsfattande;
- teknisk möjlighet att skala och anpassa för olika byggarbetsplatser;
- förbättrad operativ effektivitet

Studien visar också att det finns en positiv inställning till denna typ av teknikstöd, men att de tekniska hjälpmedlen kontinuerligt behöver påvisa sin pålitlighet för att skapa nödvändig tillit, liksom att de konkreta besluten inte kan överlåtas åt AI-verktyg, utan att det är människor som fattar beslut, där AI och annan teknik kan ge ett starkt stöd i den processen.

Summary

This research project has aimed to explore how digital tools and AI can support decision-making for site management on a construction site. Effective decision-making is crucial for managing progress on construction sites, where the site manager has great responsibility for a wide range of activities that together are to contribute to the project's goals. Critical decisions for this may include technical, financial, time-related, logistical or safety aspects. Effective decision-making requires, among other things, access to correct and up-to-date information, as well as the ability to analyse it. Digitalisation and AI have great potential to contribute to this, and have not been utilised as well in the construction industry as in other industries.

The project has explored a number of possible use cases where existing technology, in various combinations, could contribute to strengthened decision support. Through semi-structured interviews, these use cases were identified as: Reinforcing steel, Scaffolding, Experience feedback, Health and safety, and Optimised planning. For all cases, conceivable combinations of technology have been proposed, and for one use case (Scaffolding) the technology has been developed, tested and demonstrated through a prototype. The technical solution is based on scanning with LiDAR (Light Detection and Ranging) into a point cloud that generates a model of the scaffold. Furthermore, a number of algorithms have been developed to extract and identify objects in the model, to compare the original model with models in which changes have occurred, and to compare the model with the regulations for the structure. Finally, VR and AR technology has been used to present the information and make it available to site management. Demonstrations for, and interview studies with, company representatives were then used to evaluate the prototype's ability to contribute to decision support in an operational setting.

The results indicate that digitalisation and AI support can contribute to more efficient, better informed decision-making on a construction site. The completed study with a prototype for scaffolding shows that this can contribute to:

- improved safety and compliance;
- more efficient inspections;
- increased capacity for informed decision-making;
- technical possibility to scale and adapt to different construction sites;
- improved operational efficiency

The study also shows that there is a positive attitude toward this type of technical support, but that the technical aids must continually demonstrate their reliability in order to create the necessary trust, and that the actual decisions cannot be left to AI tools; rather, it is people who make the decisions, with AI and other technology providing strong support in that process.

Innehållsförteckning

1 AI OCH DIGITALISERING I BYGGBRANSCHEN 7

2 AI FACTORY FOR CONSTRUCTION (AIF/C) 8

3 PROJEKTETS GENOMFÖRANDE OCH RESULTAT 9

3.1 ANVÄNDNINGSFALL 10

3.2 BEDÖMNING AV BYGGSTÄLLNINGARS STATUS 11

3.2.1 DATAINSAMLING 13

3.2.2 INFORMATIONSBYGGANDE 14

3.2.3 VISUALISERING 17

3.3 KONTROLL AV KONSTRUKTIONSREGLER 18

3.4 UTVECKLAT AI-BASERAT BESLUTSSTÖD FÖR INSPEKTIONEN OCH ANALYS AV BYGGNADSSTÄLLNINGAR 20

3.4.1 INTERVJUSTUDIE 1 – ANVÄNDARVÄNLIGHET 20

3.4.2 INTERVJUSTUDIE 2 – ANVÄNDBARHET OCH PÅLITLIGHET 22

3.5 SLUTSATSER 24

4 REFERENSER 26

5 BILAGOR 27

5.1 BILAGA 1 – A CONCEPTUAL MODEL FOR AI-ENABLED DIGITALIZATION OF CONSTRUCTION SITE MANAGEMENT DECISION MAKING 27

5.2 BILAGA 2 – INDUSTRIAL AI FOR SAFETY ON CONSTRUCTION SITE 27

5.3 BILAGA 3 - AI FOR ENHANCED SITE MANAGEMENT: INTEGRATING AI DECISION SUPPORT FOR SCAFFOLDING INSPECTION 27

5.4 BILAGA 4 – AI AS SUPPORT FOR DAILY DECISIONS AT CONSTRUCTION SITES 28

5.5 BILAGA 5 - ENHANCING DECISION SUPPORT IN CONSTRUCTION THROUGH INDUSTRIAL AI 28

5.6 BILAGA 6 - POINT CLOUD BASED MONITORING OF SCAFFOLDING: ASSISTANCE TO SITE MANAGER DECISIONS 28

1 AI och digitalisering i byggbranschen

Processen för planering, projektering och byggande är informationsintensiv och präglas av ”många-till-många” relationer i informationsutbytet mellan de olika aktörerna. Att hantera och bearbeta information och omsätta denna till praktisk kunskap är en framgångsfaktor för ett byggprojekt. Att ha rätt kunskap och information vid varje given tidpunkt ger förutsättningar för ett beslutsfattande som ökar förutsägbarheten, minskar riskerna och därigenom bidrar till ökad produktivitet och effektivitet. Detta gäller inte minst i själva byggprocessen, det vill säga produktionsfasen i samhällsbyggnads-processen. Digitalisering och artificiell intelligens (AI) har möjligheter att stödja informationshanteringen och därmed skapa förutsättningar för bättre beslutsfattande, planering, logistikhantering och utförande, samt att skapa ett strukturerat lärande (Regona et al. 2022), något som är underutnyttjat i produktionsfasen idag.

Byggföretag använder idag digital teknik inom flera delar av verksamheten, såväl inom stödfunktioner som ekonomi och administration, liksom i kärnverksamheten i arbetsmoment som tid- och resursplanering, logistik, 3D-modellering, ledning och uppföljning samt inom arbetsmiljö och i säkerhetsarbetet. Digitaliseringen och användningen av AI har dock inte kommit lika långt i byggbranschen som i andra industrier (Soori et al 2024). Tillämpningar av AI inom byggprocessen sker ännu på låg nivå, men med ett stigande intresse. Samuelson (2024) visar i en kartläggning av utvecklingsinitiativ att AI och Maskininlärning utgör knappt 15 % av gemensamma forsknings- och utvecklingsprojekt rörande digitalisering i byggbranschen, men med indikationer på att detta har ökat de senaste åren och kan förutsättas fortsätta öka.

Ett begränsat utnyttjande och otillräcklig integration av digital teknologi är ett hinder för utveckling och implementering av AI i produktionsfasen inom byggbranschen (Engström et al.,2021). Fokus i byggbranschen har i fler fall legat på att hitta unika digitala lösningar inom ramen för olika specialistområden. Ett annat hinder i den digitala utvecklingen inom byggbranschen är den projektfokuserade strukturen och kulturen, och den suboptimering som det innebär. Tilltron till individers förmåga och exempelvis platsledningens erfarenhet och kunskap är både en styrka, och en stor svaghet för ett företag då förmågan att dela kunskap och erfarenhet mellan projekt och individer är begränsad (Simu, 2009).

Rollen som platschef för en byggarbetsplats är utmanande och kräver förmåga att ta hänsyn till många aspekter under ett byggprojekt, såsom: säkerhet, kostnader, tidplanering, standarder och föreskrifter, osäkerheter och risker (Styhre & Josephson, 2006; Gómez et al. 2023). Digital teknik och AI kan möta dessa utmaningar genom att förbättra förmågan att samla in data och information från den fysiska verkligheten liksom från olika underlag och källor och sedan bidra med analyser, prediktioner och beslutsstöd. I förlängningen bidrar detta till kontinuerliga förbättringar för produktionsstyrningen och skapar nytta på individ-, projekt- och företagsnivå (Regona et al. 2022).

Detta projekt har syftat till att undersöka möjligheten att utveckla och använda digitala verktyg och AI som stöd för beslutsfattande för platsledningen på en byggarbetsplats

inom ett antal olika konkreta användarfall. Syftet har också varit att utveckla prototyper till någon eller några av dessa användarfall och genomföra konkret test och utvärdering av en sådan prototyps förmåga att bidra till stöd för beslutsfattande.

AIF/C:s projektparter har varit:

- Luleå tekniska universitet
- NCC
- HÖ Allbygg (HÖA)
- Norrbottens Byggmästareförening (BFOR)
- Byggföretag (BFTG)

Företag som NCC och HÖ Allbygg spelade en avgörande roll för att stödja detta projekt genom att ge dem tillgång till deras byggarbetsplats för datainsamling. Deras samarbete hjälpte till att interagera med platschefer, personal på plats som underlättade värdefulla diskussioner. Detta bidrog till att förstå praktiska utmaningar och krav vilket leder till utformningen av användningsfall. Båda företagen deltog aktivt i design och utveckling av användningsfall med sin praktiska kunskap och verkliga behov inom byggbranschen.

Regelbundna besök och möten med slutanvändare och platschefer från NCC, som kommer att dra nytta av resultatet av detta projekt, har genomförts. De hade en praktisk erfarenhet av de verktyg och tekniker som användes i projektet, inklusive AR/VR-lösningarna. Deras erfarenhet och branschkunskap gav värdefulla insikter från verkligheten för att förfina kvaliteten på det arbete som utfördes i detta projekt. Deras feedback var avgörande för att säkerställa att lösningen är i linje med byggbranschens behov.

BFOR har aktivt bidragit till projektets ekosystem genom att organisera workshops för informationsutbyte och återkoppling samt mötessessioner. Deras initiativ bidrog till att skapa samarbete mellan slutanvändare och uppmuntra kunskapsutbyte. BFTG spelade en nyckelroll i att representera slutanvändarnas behov och förväntningar ur ett tvärsektoriellt perspektiv.

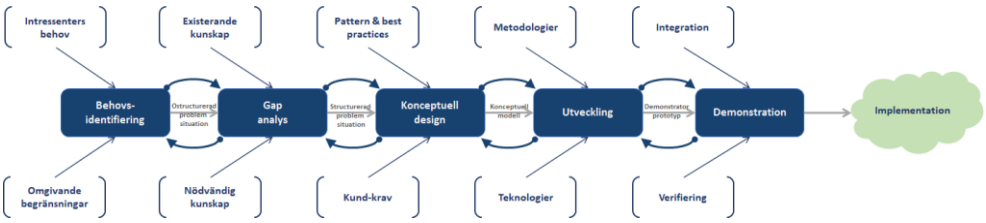
2 AI Factory for CONSTRUCTION (AIF/C)

AI Factory är ett övergripande koncept som syftar till att stödja olika branschers utveckling genom digitisering, digitalisering och digital transformation. Järnvägar, gruvdrift, flyg, processindustri och bygg är de pågående projekten inom AI Factory (Karim et al., 2023). Detta projekt har fokuserat på möjliga byggrelaterade tillämpningar och har därmed fått namnet AI Factory for Construction (AIF/C).

Digitaliseringen har avsevärt förbättrat affärsverksamheten, processerna och produktiviteten inom flera sektorer de senaste decennierna, och lett till ökad lönsamhet, effektivitet och säkerhet. Framsteg inom digital teknik, särskilt artificiell intelligens (AI), förändrar tillverkningsindustri, telekom-industri och detaljhandel, till exempel genom teknik som maskininlärning, robotteknik och kunskapsbaserade system. AI kommer att

ha en betydande inverkan på hur uppgifter utförs i olika branscher och erbjuder nya sätt att öka produktiviteten och lösa olika typer av utmaningar.

AIF/C tillämpar en strukturerad metodik för framdriften av projektets aktiviteter, se figur 1. Det är en agil process med ett antal iterativa steg som där varje stegs resultat och lärdomar utnyttjas som input till nästa steg. Processen bidrar till succesiv utveckling inom projektet och till att de förväntade resultaten kan uppnås.



Figur 1. AIF/C:s strukturerade agila process för genomförande

AI Factory består av en uppsättning så kallade ”Line-of-production” (LoP), vilket utgörs av konfigurerbara digitala komponenter (hård- och mjukvara) som består av specialiserade databehandlingssteg. Dessa utformas och implementeras baserat på mikrotjänster (micro-services) som kan bestå av t.ex. algoritmer. AI Factory´s mikrotjänster implementeras baserat på en distribuerad datormetod för att tillgodose kraven för respektive LoP. Detta för att möte det enskilda industriella sammanhanget och behovet.

Det övergripande behovet som identifierats för AIF/C är att stötta effektivt beslutsfattande för platsledningen på en byggarbetsplats. Detta har sedan inom projektet genomförande brutits ned till olika konkreta användarfall där beslutsfattande är kritiskt och där digitalt stöd potentiellt kan bidra till effektivisering.

Effektivt beslutsfattande är avgörande för att hantera byggarbetsplatser, där platschefen har ansvar för en mängd olika aktiviteter som tillsammans ska leda byggprojektet framåt. Byggplatschefer har stort fokus på kritiska beslut relaterade till tekniska, ekonomiska och säkerhetsmässiga aspekter. Beslutsfattande är här en dynamisk process som bygger på byggplatspersonalens samlade erfarenhet och kunskap. En mängd faktorer styr dessa beslut.

Målgruppen för projektet är dels företag i byggindustrin, dels utvecklare av hård- och mjukvaruverktyg. Projektet bidrar också till att flytta fram forskningsfronten inom tillämpad AI för byggindustrin.

3 Projektets genomförande och resultat

Artificiell intelligens (AI) och digitalisering kan förändra byggbranschen bland annat genom att förbättra beslutsprocesser och därmed öka effektiviteten och minska risker.

I detta projekt utforskades hur AI och digital teknik kan stödja och hjälpa byggplatschefer att fatta komplexa beslut. Befintliga utmaningar identifierades och modeller som integrerar hårdvara med AI-verktyg och algoritmer användes för att förbättra beslutsfattandet.

3.1 Användningsfall

Projektet inleddes med att tillsammans med de medverkande entreprenadföretagen identifiera ett antal möjliga användningsfall och att prioritera vilket eller vilka användningsfall projektet skulle fokusera på. Med utgångspunkt från projektets syfte, att nyttja AI och digital teknik för att stötta platsledningen i det dagliga beslutsfattandet, genomfördes en studie med semistrukturerade intervjuer med platschefer och arbetsledare, som representerade två pågående entreprenaders byggarbetsplatser. Fem tänkbara användarfall identifierades och dessa beskrivs nedan kort utifrån dess utmaningar, kopplat till beslutsfattande. Studien beskrivs mer detaljerat i Sharma et al. (2023).

- **Armeringsstål**: Innan gjutning behövs en verifiering och ett godkännande av att armeringen är korrekt utförd enligt konstruktionshandlingarna, vilka kan utgöras av ritningar, armeringsspecifikationer och/ eller BIM-modeller. De viktiga kriterierna att verifiera är armeringsstängernas diameter, antal och positionering.
- **Byggnadsställningar**: Platschefen har ansvar för att byggnadsställningarna vid varje tillfälle är korrekt monterade och följer det regelverk för ställningar som finns. Platschefen inspekterar och godkänner de uppförda ställningarna samt kontrollerar löpande manuellt att inga avvikelser föreligger, och att ställningarna uppfyller säkerhetskraven.
- **Erfarenhetsåterföring**: Historiska data och lärdomar från tidigare projekt finns inte systematiskt samlade och är därmed inte lätt tillgängliga. Detta leder till ineffektivitet i kunskapsöverföringen eftersom varje nytt projekt består av en ny sammansättning av projektteamet. Även för den data som finns är det tidskrävande att söka rätt på aktuell information vid varje givet tillfälle.
- **Hälsa och säkerhet**: Att säkerställa personalens hälsa och säkerhet i utsatta områden med hög risk är utmanande. Det finns både tekniska och integritetsmässiga svårigheter med att kontrollera personers placering i realtid på en stor byggarbetsplats. Vissa platser är av erfarenhet mer utsatta och riskfyllda än andra, men det går förstås inte att förutsäga var och när olyckor inträffar.
- **Optimerad planering**: Att optimera tid- och resursplanering samt att göra träffsäkra kalkyler för utfall är en komplex och svår uppgift. Dels kräver det mycket insamlad data om rådande status på byggarbetsplatsen, vilket ska jämföras med handlingar, tidplaner och budget. Dels är många aktiviteter sammankopplade i komplexa samband som kan vara svåra att överblicka.

För att ta adressera dessa utmaningar föreslås olika konceptuella modeller. För användningsfallet med *armeringsstål* föreslås LiDAR (Light Detection and Ranging) som kan skanna armerings-stängernas diameter, position och antal, och skapa en modell i

form av ett punktmoln. Detta kompletteras med AI-algoritmer som jämför skannade punktmolnsdata med byggnadsinformations-modellen (BIM) vilket sedan kan ge platschefen ett stöd när beslutet ska fattas om gjutningen kan påbörjas eller ej.

Liknande teknik kan användas för användningsfallet *byggnadsställningar*. Genom LiDAR-skanning kan en punktmolnsmodell skapas vid varje önskat tillfälle som sedan med hjälp av AI-algoritmer jämför, dels med den ursprungliga modellen av byggnadsställningen, dels mot det rådande regelverket. Vid projektets medverkan på konferensen AI in AEC i Helsingfors 20-21 mars 2024 konstaterades också att fokus på LiDAR och 3D-punktmolnsdata i forskningen var lågt och att det finns ett behov av ökad expertis inom området för tillämpningar inom byggrelaterad AI.

För användningsfallet *erfarenhetsåterföring* föreslås en språkmodell av inspirerad av ChatGPT. En sådan modell, kallad ”ChatCON” med fokus på byggandet skulle kunna tränas på historiska projektdata för att sedan ge snabb åtkomst till svar på olika typer av frågor och därmed minimera manuella dokumentsökningar.

Användningsfallet *hälsa och säkerhet* kan adresseras med hjälp av bärbar utrustning som smarta västar, hjälmar och likande enheter som möjliggör spårning av personal i realtid. Tillsammans med AI-algoritmer kan dessa bidra till analyser och bedömningar av säkerhetsrisker kopplat till platser och beteenden.

Optimerad planering kan uppnås genom AI-lösningar som utnyttjar historiska data för att förutsäga kostnadsprognoser och för att optimera tid- och resursplanering.

Tre av användningsfall valdes ut och analyserades mer utförligt avseende genomförbarhet relaterat till potentiell nytta: *Armeringsstål*, *byggnadsställningar* och *optimerad planering*. Alla tre adresserar konkreta problem som uppstår i en platschefs vardag. De tre användningsfallen och de föreslagna teknikerna enligt ovan presenterades för utvalda personer från de två företagen vid en gemensam workshop med syfte att tillsammans komma fram till prioriterade användningsfall att genomföra inom projektet. Användningsfallet med armeringsstål bedömdes kunna skapa stor nytta, men ansågs samtidigt vara komplext, med svårigheter både att fånga den nödvändigt höga detaljeringsgraden vid en LIDAR-skanning och att förhålla sig till det omfattande regelverket. På samma sätt bedömdes användningsfallet med optimerad planering innebära stora utmaningar relaterat till datainsamling samt integration mellan flera intressenter. Byggnadsställningar valdes som prioriterat använd-ningsfall där potentialen att överbrygga stora säkerhetsrisker är hög, liksom att genomförbarheten med den föreslagna tekniken bedömdes god.

3.2 Bedömning av byggställningars status

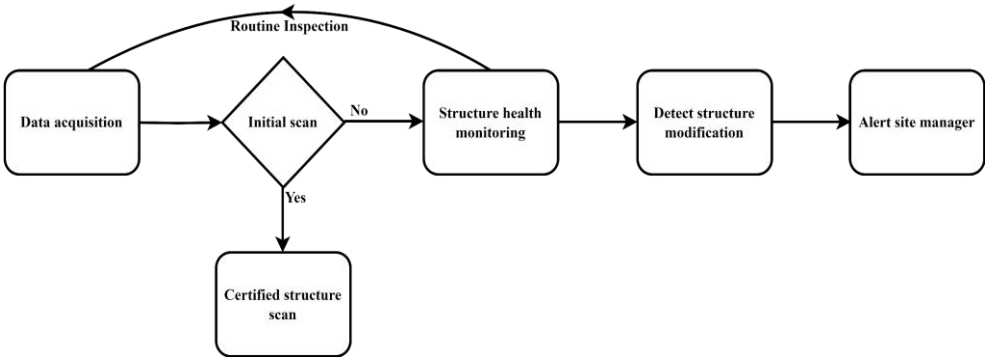
Byggbranschen står för nästan hälften av alla industriolyckor i Sverige, och säkerhet är därför ett högt prioriterat område inom branschen. En stor andel av byggarbetsplatser har byggnadsställningar som används för att byggnadsarbetarna ska ha god och säker tillgänglighet till alla delar av den byggnad som håller på att uppförs. Byggnadsställningar som temporära konstruktioner innebär dock risker för de människor som befinner sig på och i närheten av de tillfälliga konstruktionerna.

Enligt intervjuer med platscheferna utförs inspektion traditionellt av ställningarna helt manuellt. En större byggarbetsplats har många ställningar som tillsammans utgör en komplex anläggning, och de visuella inspektionerna blir då tidskrävande. Ställningarna

utsätts under byggtiden för väder och vind som kan påverka dem, liksom att ställningarna också modifieras för att skapa tillgänglighet till exempel för materialleveranser. Detta medför risker för att kritiska delar saknas, att ställningen rörts sig eller att förhållanden ändrats för markstödet, vilket påverkar yrkesarbetarnas säkerhet. För att möta denna utmaning föreslås en lösning med LiDAR-skanning och AI-algoritmer för att automatisera inspektioner av ställningar. Målet är att upptäcka saknade eller avvikande ställningselement och även säkerställa överensstämmelse med konstruktionsreglerna.

Ett strukturerat arbetsflöde för kontinuerlig inspektion av ställningar som stöd till platschefens beslutsfattande består av flera steg (Bilaga 6).

- **Offsetgenerering**: När en ställning monteras och överlämnas till drift på byggarbetsplatsen kontrolleras och verifieras att den följer alla konstruktionsregler. Ställningen skannas då initialt och bildar en första modell med punktmolnsdata. I den här rapporten kallas de initiala LiDAR-punktmolnsdata av den verifierade ställningen för offsetgenerering. Detta kommer att fungera som bas- eller referensdata.
- **Rutininspektion**: En visuell inspektion varannan vecka utförs normalt av platschefen. På liknande sätt utförs i den föreslagna automatiserade processen rutininspektion och regelbundna skanningar av ställningarna. Flödesschemat i figur 2 beskriver den rutinmässiga inspektions-processen. Den första skanningen av en verifierad ställning jämförs med rutinmässiga skanningar där det kan ha uppstått förändringar. Om ändringar finns kommer systemet att varna platschefen så att han eller hon kan vidta nödvändiga åtgärder för att säkerställa säkerhet och efterlevnad.



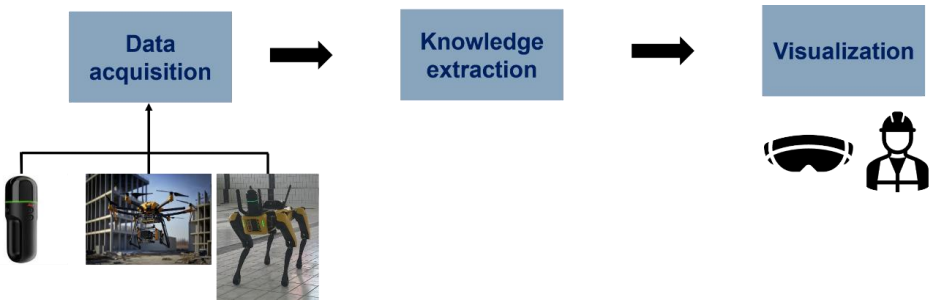
Figur 2. Flöde för rutininspektion

Den automatiska rutininspektionen omfattar en systematisk utvärderingsprocess (Bilaga 2, Bilaga 3, Bilaga 6),

- *Jämförelse*: Inskannad punktmolnsdata för ställningar vid rutininspektioner jämförs och analyseras med offsetgenereringen för att upptäcka förändringar och avvikelser i ställningens delar.

- *Elementextraktion*: För att kunna identifiera och jämföra enskilda delar av ställningen behöver dessa kunna extraheras. Extraheringen avser delar som stänger, knutpunkter och plana ytor.
- *Kontroll av konstruktionsregler*: Ställningens struktur ska vid varje tidpunkt följa konstruktionsreglerna för att få användas. En verifiering genomförs där den aktuella punktmolnsdatan jämförs mot konstruktionsreglerna som lagts in algoritmerna. Efterlevnaden kan därmed bedömas.
- *Visualisering*: Resultaten presenteras med olika visuella metoder för att skapa tydliga gränssnitt mot platschefen i arbetet med tolkning och beslutsfattande.

Forskningsflödet för automatiserad ställningsinspektion visas i figur 3.



Figur 1. Arbetsflöde i forskningen

3.2.1 Datainsamling

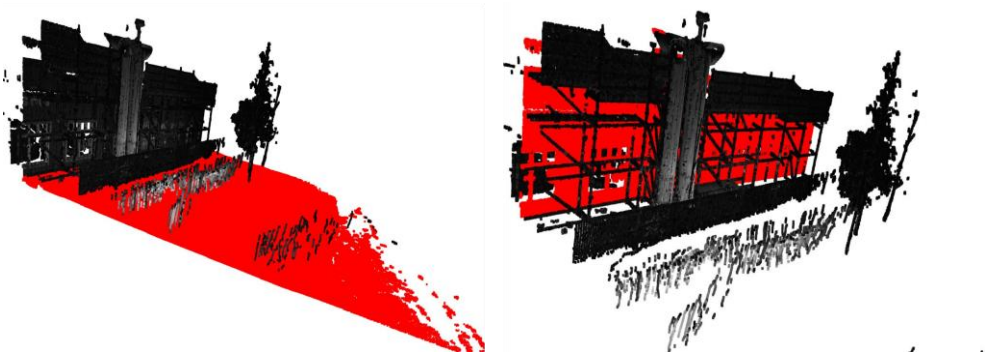
Processen börjar med att samla in erforderliga data med hjälp av en LiDAR-enhet, vilken kan vara handhållen, monterad på en drönare eller på ett robotsystem (Bilaga 2, Bilaga 3, Bilaga 6). Enheten samlar in miljontals punktmolnsdata och genererar en detaljerad 3D-representation av en byggnadsställning. Figur 4 visar ett exempel på insamlade punktmolnsdata.

Figur 2. Punktmolnsdata

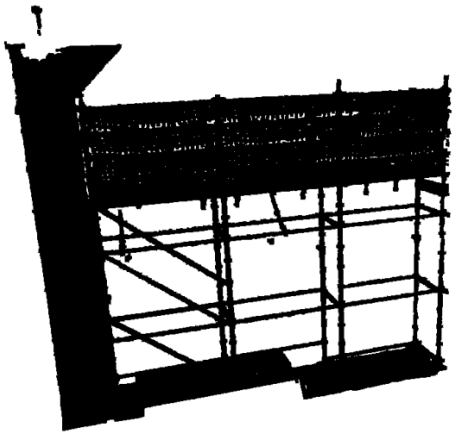
3.2.2 Informationsbyggande

När punktmolnsdata har samlats in måste de bearbetas för att skapa informationsmängder som kan analyseras. Det är en process i flera steg som beskrivs nedan (Bilaga 2, Bilaga 3, Bilaga 6).

- *Borttagning av extremvärden*: Eliminering av irrelevanta och brusiga datapunkter för att extrahera de objektet som är av intresse.
- *Nedfiltrering*: För att minska mängden irrelevant data och skapa förutsättning för effektiv bearbetning, utan att förlora viktiga detaljer. Här filtreras väggar bakom och mark under ställningen bort. Figur 5 (a) visar väggen och marken i röd färg och Figur 5 (b) visar den bearbetade punktmolnsdatan, som i denna rapport kallas offsetgenerering.



(a) ”brusreduktion”



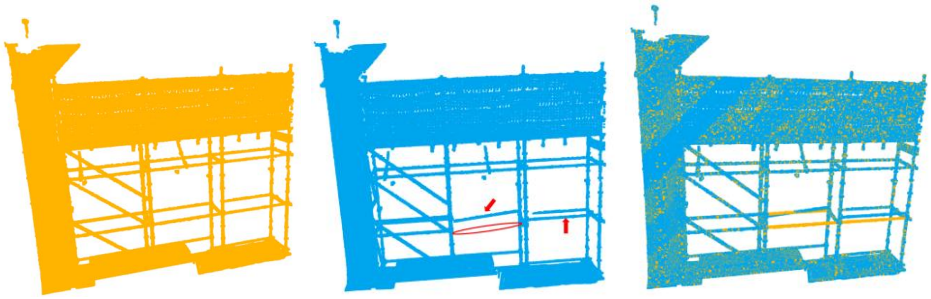
(b) Offsetgenererad modell

Figur 3. Process för punktmolnsdata

Den bearbetade punktmolnsdatan analyseras sedan med hjälp av AI-algoritmer för:

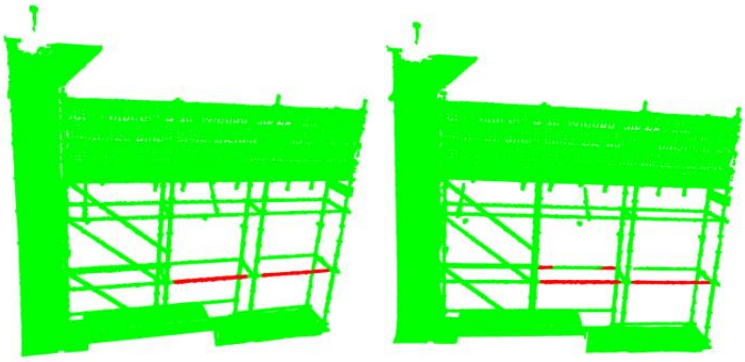
- *Strukturell jämförelse*: Offsetskanningen jämförs med de löpande ställningsskanningarna för att upptäcka ändringar, saknade eller avvikande delar. Här används metoden med en ”iterativ närmaste punkt” (ICP) -algoritm för att

genomföra jämförelsen. Offsetskanningen, den modifierade skanningen och den strukturella jämförelsen visas i figur 6.



Figur 4. Strukturell jämförelse

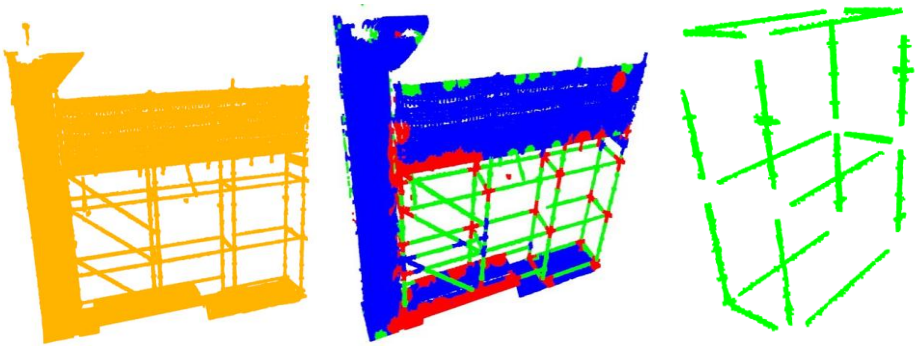
Avstånden i differenserna mellan offestskanningen och den aktuella skanningen beräknas, och jämförs mot ett tröskelvärde för att avgöra om avvikelsen är betydande. I figur 7 markeras i rött de områden där avståndet överskrider tröskelvärdet.



Figur 5. Avståndsjämförelse

Tröskelvärdet är anpassningsbart och kan ställas in av platschefen utifrån bedömda toleranskrav.

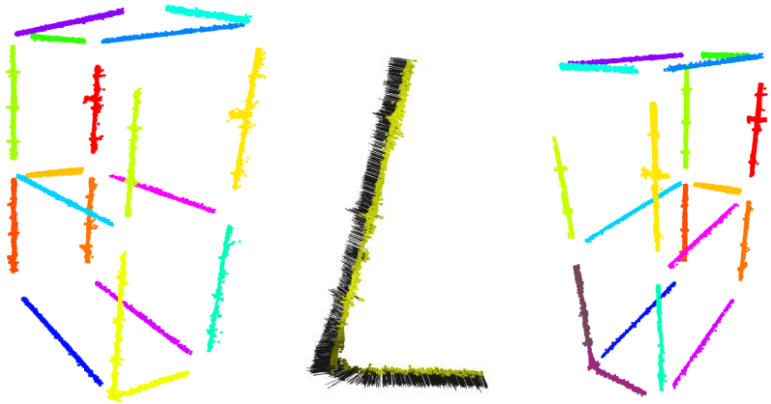
- *Elementextraktion*: Med hjälp av klustringsteknik och formigenkänning identifieras och klassificeras de enskilda elementen som stänger, knutpunkter, plana ytor och säkerhetsavstånd. Den bearbetade punktmolnsdatan klassificeras i tre grundläggande former: linjär, plan och sfärisk. Dessa former representerar elementen i ställningar, såsom stång (grön), säkerhetsavstånd (blå) respektive knutpunkter (röd). Den bearbetade punktmolnsdatan för ställningar och extraktion av enskilda element visas i figur 8.



Figur 6. Elementextraktion från bearbetad punktmolnsdata

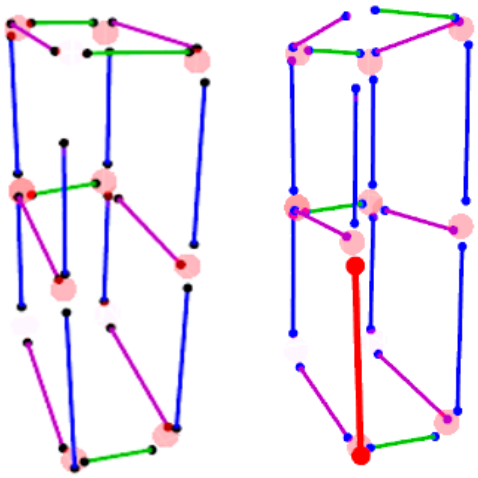
När elementen har extraherats tillämpas olika typer av klustringsalgoritmer för att gruppera enskilda stänger och för att gruppera knutpunkter.

Figur 9 visar klustringen av stänger i enskilda element. För att förbättra beräknings-effektiviteten och för enklare representation används en grafdatastruktur för att representera en byggnadsställning. I diagramdatastrukturen representerar kanterna stängerna och noderna motsvarar knutpunkterna i en ställning. De två punkter som är längst bot från varandra i varje kluster representerar ändpunkterna för varje stång som identifierats.



Figur 7. Klustring av stänger i byggnadsställningen

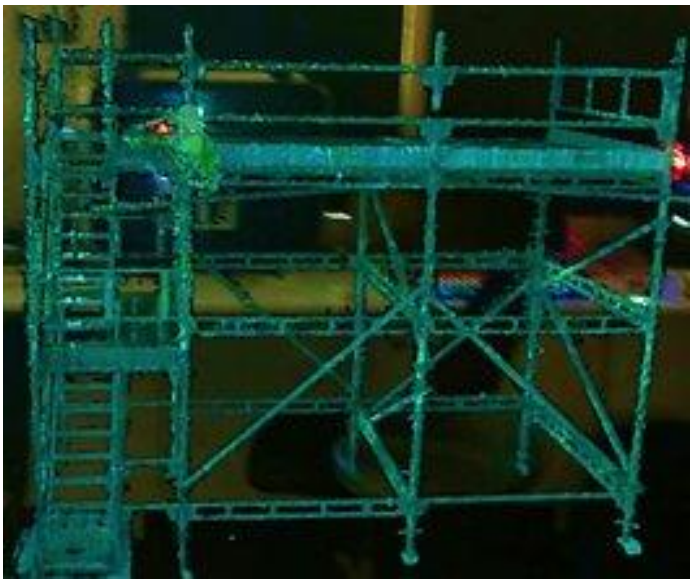
Alla närliggande punkter till ändpunkterna identifieras sedan, och deras medelvärde representerar stavens skärningspunkt eller en led. Grafrepresentationen ger en tydlig och effektiv modell av ställningens struktur, vilket underlättar jämförelsen. Denna grafrepresentation används sedan för att jämföra grafen för den aktuella skanningen med den offsetgenererade. Varje ändring detekteras som förändringar i diagrammets struktur, vilken markeras med röd färg enligt figur 10. Detta ger platscheferna visuella varningar om eventuella ändringar, och bidrar till beslutsunderlag för åtgärd.



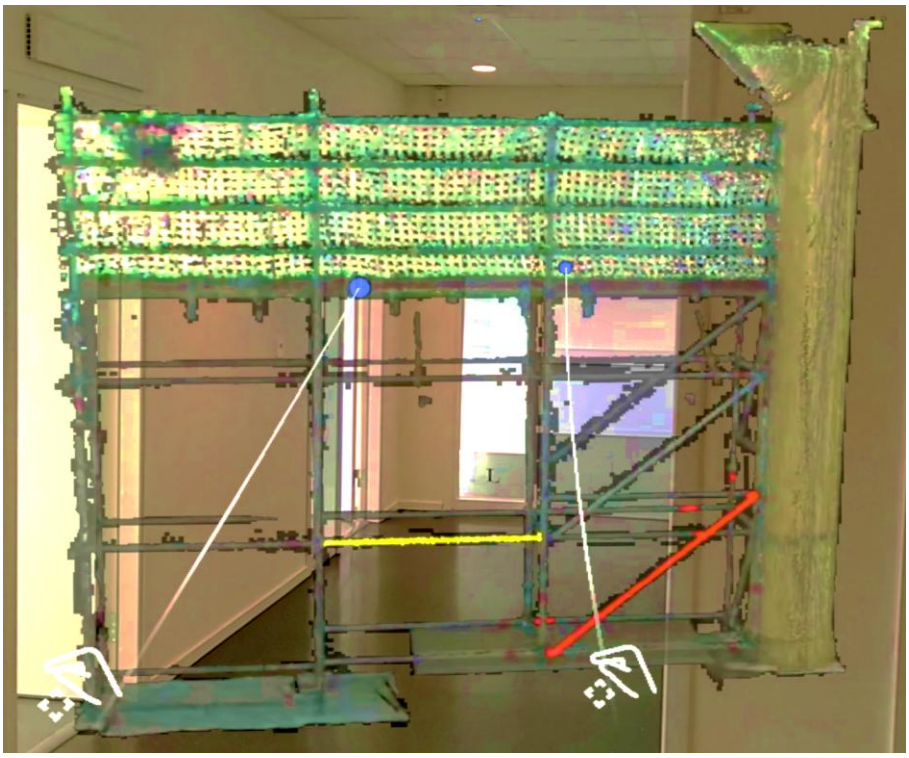
Figur 8. Grafdatastrukturens representation

3.2.3 Visualisering

De extraherade delarna av ställningen visualiseras med hjälp av immersiv teknik som Virtual Reality (VR) och Augmented Reality (AR). Detta möjliggör för platschefen att visa 3D-modeller av ställningar och analysera avvikelser i realtid. AR överlagrar den digitala modellen av ställningarna på den verkliga miljön.



Figur 9. Vy av byggnadsställning genom AR-glasögon



Figur 10. Vy av byggnadsställning genom AR-glasögon

Visualiseringen ger platschefer ett intuitivt sätt att identifiera avvikelser. Med VR erbjuds en 3D-miljö där platschefer kan utforska byggnadsställningar från olika vinklar. Dessa tekniker gör det möjligt att få tillgång till och visualisera samma digitala modell från olika platser, vilket också kan underlätta samarbete på distans om sådant behov uppstår. Figur 11 och figur 12 visar bilder av ställningar genom AR-glasögon, där gula markörer representerar avvikande element och röda markörer representerar saknade delar av ställningen (Bilaga 2, Bilaga 3, Bilaga 6).

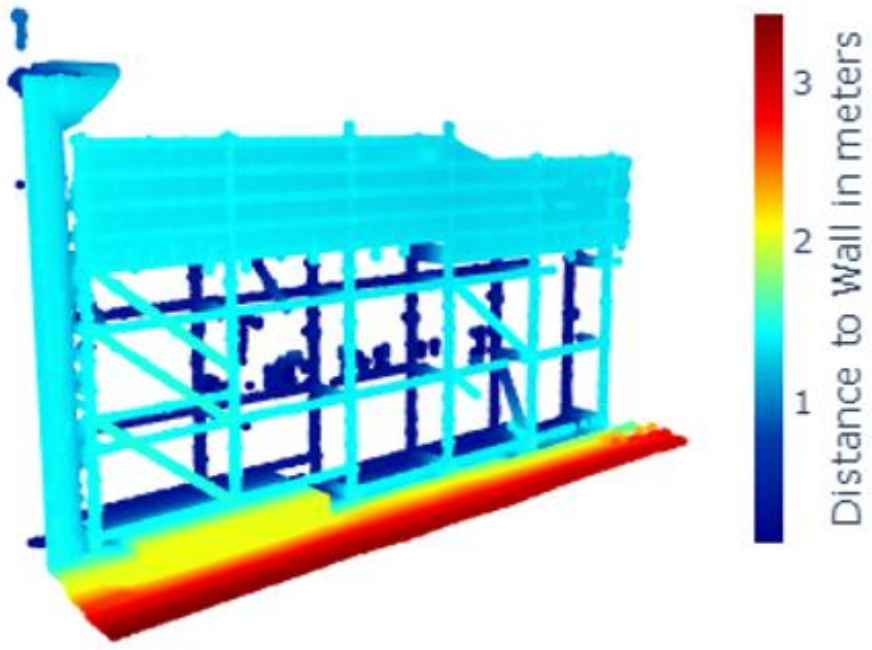
Visualiseringstekniker kan stötta och förbättra beslutsfattande genom att tillhandahålla korrekt information i ett överskådligt gränssnitt vilket möjliggör identifiering av säkerhetsrisker. Integrering av AR och VR vid ställningsinspektioner bidrar till säkrare och mer kostnadseffektiva projekt. Verktygen kan också underlätta utbildning i säkerhetsfrågor kopplat till byggnadsställningar. De möjliggör även samarbete på distans vilket ibland kan underlätta inspektionerna. VR och AR har dock, liksom annan teknik, en inlärningskurva där användaren behöver lära sig att hantera de nya verktygen och kunna navigera i modellerna.

3.3 Kontroll av konstruktionsregler

De konstruktionsregler som används vid montering av ställningen ska kunna verifieras kontinuerligt så att dessa följs under hela användningen (Bilaga 6). En av de kritiska kontrollerna är avståndet mellan ställningen och väggen som inte får överstiga 30 cm. Det innebär vissa utmaningar att verifiera automatiskt exempelvis när väggytan är böjd.

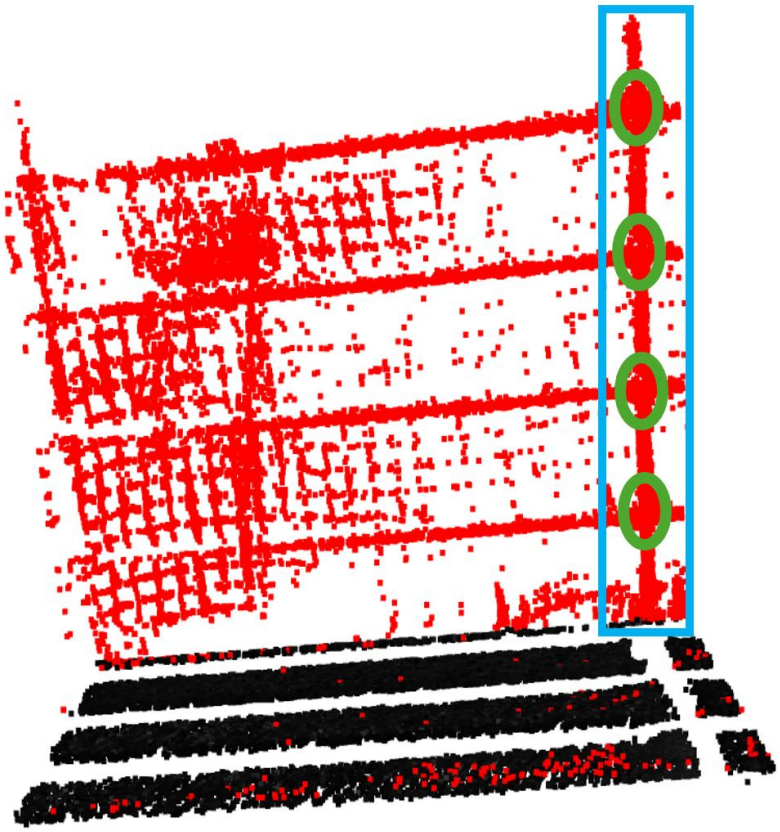
En annan kritisk kontroll handlar om skyddsräckessystemen där avståndet mellan stängerna behöver uppfylla vissa krav. Genom automatisk kontroll förbättras möjligheten att efterleva kraven vid varje tidpunkt och det minskar också risken för mänskliga fel vid inspektioner.

Med hjälp av punktmolnsdata och algoritmer som RANSAC identifieras väggen som en plan yta och avståndet mellan ytan och varje ställningspunkt beräknas. I figur 13 visas visualiseringen med en färggradient som indikerar närhet till väggen. Röd färg indikerar avstånd som är nära gränsen och blå indikerar ett säkert avstånd som är mindre än 30 cm.



Figur 11. Konstruktionsregel 1

När även kontrollen för konstruktionsregeln för det avancerade skyddsräckessystemet införs extraheras arbetsplattformen från punktmolnsdata. För att identifiera skyddsräcket fokuseras på alla punkter som ligger ovanför arbetsplattformen där skyddsräcken är installerade. En klustringsalgoritm används för att gruppera relevanta punkter samtidigt som mindre punkter (brus) tas bort. Infästningspunkterna där skyddsräckena är anslutna identifieras sedan, vilket visas i figur 14. Avståndet mellan dessa anger avståndet mellan skyddsräckena och jämförs med reglerna för att bekräfta att de uppfylls. Ett expertsystem skulle också kunna integreras för att ge felmeddelanden i realtid som stöd till beslutsfattande.



Figur 12. Konstruktionsregel 2

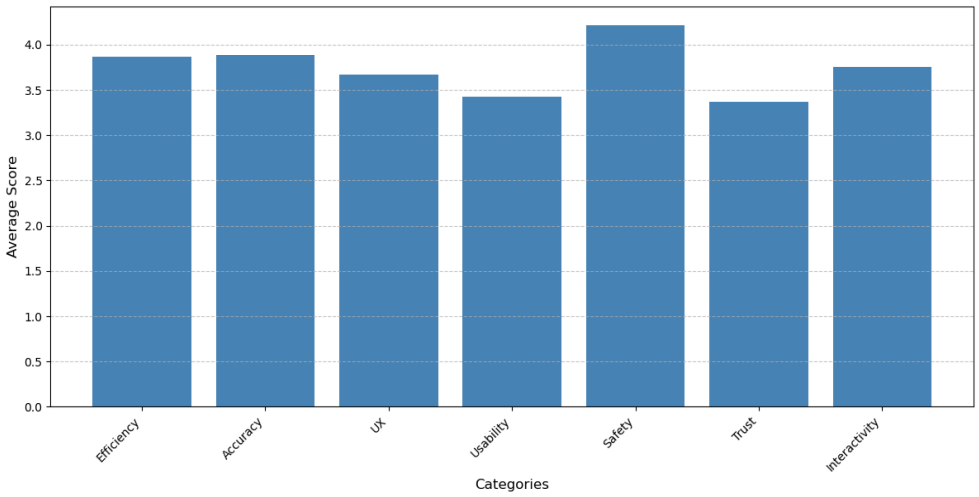
Genom att automatisera inspektionen av ställningar med hjälp av AI kan mänskliga fel minimeras, vilket förbättrar säkerhetsbedömningen och förmågan att säkerställa att konstruktionsreglerna följs. Detta tillvägagångssätt hjälper platschefen att fatta beslut, förbättra säkerheten och öka den operativa effektiviteten på byggarbetsplatsen.

3.4 Utvecklat AI-baserat beslutsstöd för inspektionen och analys av byggnadsställningar

3.4.1 Intervjustudie 1 – Användarvänlighet

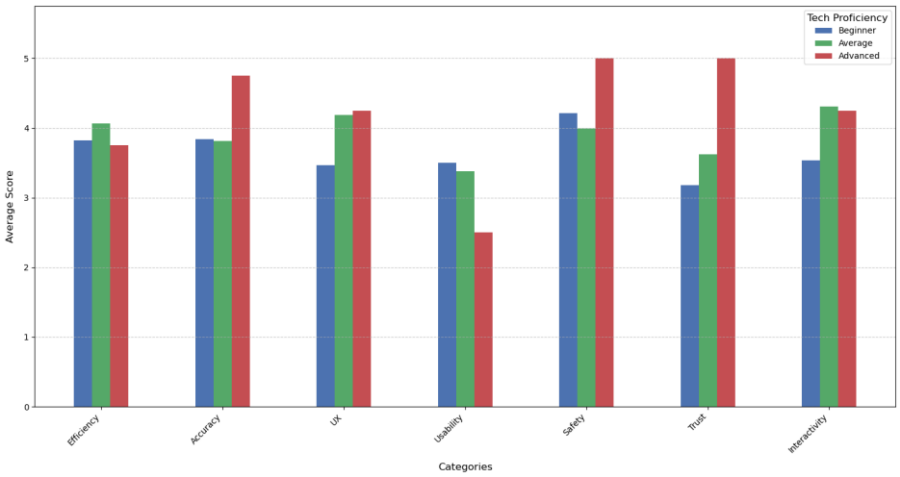
Integreringen av AI i byggbranschen har potential att omvandla beslutsprocessen under produktionsfasen, vilket kan påverka projektresultaten på ett positivt sätt. AI-baserat beslutsstöd kan förbättra effektiviteten, säkerheten och användbarheten inom byggledning. Flera faktorer, såsom effektivitet, förtroende, användbarhet och interaktivitet, påverkar AI-användningen inom byggbranschen. Den utvecklade lösningen demonstrerar AI-drivet beslutsstöd för platschefer och utvärderar slutanvändarnas uppfattningar. Insikterna samlades in genom enkäter och semistrukturerade intervjuer med platschefer samt andra byggproffs. Analysen bygger på svar från en grupp på 20 deltagare, alla verksamma inom byggbranschen. De insamlade svaren analyserades för att identifiera utmaningar och användarnas förväntningar avseende AI-användning inom byggsektorn.

Genom analysen framkom att säkerheten var den högsta prioriteten, vilket förstärker vikten av AI-verktyg för att säkerställa stabilitet på ställningar och minska riskerna på arbetsplatsen. Detta återspeglas i Figur 15.



Figur 13. Key factor mean score

AI-lösningar bör också vara intuitiva och sömlöst integrerade i det befintliga arbetsflödet. Genom att integrera utformningen av AI-verktyg med användarupplevelsen i åtanke kan beslutsfattandet bli mer tillförlitligt, transparent, spårbart och effektivt. Beroende på kompetensnivå segmenteras kategorierna enligt Figur 16. De statistiska verktyg som används för att analysera svaren är skalbara och kan vid behov tillämpas på en större grupp deltagare om det skulle behövas i framtiden.



Figur 14. Key factor score by proficiency

3.4.2 Intervjustudie 2 – Användbarhet och pålitlighet

En kvalitativ studie har inom projektet genomförts (*Simu K. och Samuelson O., 2025*) med representanter från de två entreprenadföretagen som medverkat i projektet. Två forskningsfrågor (FF) ställdes upp för den delstudien:

FF 1: Hur kan AI stödja beslutsfattande för byggarbetsplatsledning, angående pålitlighet, användbarhet och begränsningar för beslutsfattande?

”Begränsningar för beslutsfattande” har delats upp efter Daft et al. (1986) i: tillgång till informations-mängder, kognitiv analysförmåga samt begränsningar i tid.

FF2: Vilka heuristiska fördomar kommer att vara möjliga att hantera och reducera genom AI?

Respondenterna i studien utgjordes av fem personer: tre platschefer, en produktionschef och en projektingenjör. En platschef var anställd på ett SMF-företag och övriga på ett stort företag.

Studien utgick från ett teoretiskt ramverk baserat dels på teorier om rationellt beslutsfattande (Daft, 1986) där informationsinsamling och analys av information är centrala. I verkligheten är dock sällan beslutsfattande så linjärt och rationellt, utan begränsas av till exempel kognitiva förmågor att processa information, tidsbegränsningar i att samla in och analysera samt inte minst mänskligt beteende som innebär förenklingar och ”fördomar” baserade på tidigare erfarenheter och kunskaper (Tversky et al., 1974; March, 1994).

Studien har genomförts med en kvalitativ ansats och i fyra steg. **Steg 1** innefattade att tillgängliggöra prototypen till verktyget som beskrivs i kapitel 3.2 ovan. Verktyget syftar till att kunna jämföra byggnadsställningars status vid olika tidpunkter och därmed identifiera möjliga fel. Detta möjliggörs genom att använda Lidarskanning som skapar en digital modell av den aktuella ställningen, samt flera utvecklade algoritmer som identifierar delar och knutpunkter i modellen. I **steg 2** genomfördes en demonstration för respondenterna där dels fick en presentation av verktyget, dels fick möjlighet att själva testa att navigera och röra sig i modellen för att bedöma potentialen i verktyget. Som **steg 3** genomfördes semistrukturerade intervjuer med de fem respondenterna var för sig. Intervjuerna täckte de tre områdena 1) insamling av information rörande status av byggnadsställningar, 2) analysering av insamlad information samt 3) beslutsstöd för att vidta åtgärder. De tre områdena betraktades både från perspektivet hur detta går till idag, och perspektivet hur det skulle fungera med det beskrivna och demonstrerade verktyget. Även respondenternas förväntningar på framtida AI-tillämpningar lyftes fram.

Resultatet av studien sammanfattas i tabell 1 som beskriver respondenternas befintliga arbetssätt liksom deras uppfattningar och förväntningar på ett AI-stött beslutsstöd enligt demonstrationen.

Tabell 1. Sammanfattning av respondenters uppfattning av befintligt respektive automatiserat arbetsflöde

Befintligt arbetsflöde	Beskrivna förväntningar på AI-stött beslutsfattande
Insamling av information om ställningens status	
Visuell inspektion av platschefen, mer eller mindre regelbundet.	Regelbunden insamling av information med hjälp av skanningsverktyg
Fokus på kritiska punkter utifrån tidigare erfarenhet och kunskap	Noggrann information om avvikelser samlas in oavsett var de förekommer
Tillit i rapporter och från individer på arbetsplatsen rörande avvikelser från det normala	Regelbunden skanning med information om avvikelser
Tidskrävande att genomföra för individer, särskilt vid stora och komplexa ställningar.	Möjligt att genomföra när som helst med avsevärt mindre tidsåtgång för manuellt arbete.
Analys av information	
Kräver kunskap om konstruktionsregler för byggnadsställningar för att kunna bekräfta status på ställningar och upptäcka avvikelser	Användning av designregler för varje befintlig ställning för att upptäcka avvikelser.
Tillgänglig information är begränsad till det som samlas in vid visuell inspektion, baserat på vad varje individ kan ta till sig och förhålla sig till, för att upptäcka avvikelser.	Kvittera avvikelser i relation till originalmonterade ställningar som är certifierade som OK.
Beslutsstöd	
Behov av att kunna förlita sig på underleverantörer samt egen förmåga att bekräfta en säker ställning.	Nyttjas som stöd för beslut men inte för att fatta beslut.
	Verktyget behöver bevisa sin pålitlighet upprepade gånger innan tillförlitlighet kan uppstå.

Studiens slutsatser har formulerats enligt nedan, kopplat till respektive forskningsfråga.

FF 1: Hur kan AI stödja beslutsfattande för byggarbetsplatsledning, angående pålitlighet, användbarhet och begränsningar för beslutsfattande?

För att kunna lita på ett AI-verktyg för löpande beslutsstöd måste det konsekvent ge korrekta svar som överensstämmer med individuell erfarenhet och kunskap. Respondenterna är tydliga med att beslutsansvaret inte kommer att delegeras till ett AI, men de är positiva till det stöd digitalisering och AI kan ge. Begränsningar som upplevs i nuvarande beslutsfattande skulle enligt respondenterna kunna minska med hjälp av AI, vilket skulle innebära att platschefer sparar tid och får korrekt information. AI kan

systematiskt samla, bygga och dela erfarenheter, vilket ger ett mer tillförlitligt beslutsunderlag jämfört med checklistor och individuell kunskap.

FF2: Vilka heuristiska fördomar kommer att vara möjliga att hantera och reducera genom AI?

Heuristiska fördomar används, ofta omedvetet, för att underlätta snabbare och enklare beslutsfattande av människor. Våra resultat tyder på att det är möjligt att hantera och minska flera heuristiska fördomar i det rationella beslutsfattandet. Med stöd av AI kan en större mängd information samlas in och analyseras, och därmed adressera tidsbegränsningarna. Detta skulle minska behovet av genvägar och beroendet av "magkänsla" och tidigare erfarenheter.

3.5 Slutsatser

Projektet har undersökt ett flertal användarfall där digitalisering med AI-stöd skulle kunna bidra till ett effektivare och mer informerat beslutsfattande för platschefer på en byggarbetsplats. Potentialen för detta bedöms vara hög. Ett av de identifierade fallen, byggnadsställningar, har studerats djupare och där har en prototyp utvecklats som också testats och utvärderat av representanter för platsledningen hos två företag. Följande konkreta slutsatser kan dras utifrån den fördjupade fallstudien:

- *Förbättrad säkerhet och efterlevnad*: Med hjälp av teknik som AI och LiDAR kan inspektioner av ställningar göras automatiskt, vilket minskar risken för mänskliga fel och förbättrar efterlevnaden av säkerhetsföreskrifter.
- *Effektivare inspektioner*: Traditionell manuell inspektion är tidskrävande och ger utrymme för mänskliga fel och ”confirmation bias”, dvs risken att endast hitta fel baserat på egen erfarenhet. AI-baserade inspektioner ger förutsättning för mer frekvent övervakning av ställningar.
- *Ökad förmåga till informerat beslutsfattande*: Tekniken kan stötta platschefens förmåga att hämta in information, analysera och tolka förändringar hos byggnadsställningar. Detta ökar förmågan att fatta välgrundade beslut. Det är också tydligt från studien att förtroendet för tekniken behöver byggas upp över tid, och att beslut fattas av människor, men med stöd av tekniken.
- *Skalbarhet*: Det AI-baserade systemet kan anpassas i skala för att kunna hantera olika typer av byggarbetsplatser med byggnadsställningar i olika storlekar och komplexitet.
- *Förbättrad operativ effektivitet*: Automatiska rutininspektioner kan minska arbetsbelastningen för platschefer, och frigöra tid för andra kritiska uppgifter.

Projektet har också gett insikter om hur en fortsatt utveckling kan bidra till ytterligare nytta inom stöd för beslutsfattande. Fortsatt forskning inom området kan bidra till:

- *Framtida integration*: AI-baserade system kan förbättras ytterligare med expertsystem som integrerar verifiering av konstruktionsregler med hjälp av fördefinierade säkerhetsstandarder. Sådan integreringen kan leda till normativ

analys där AI både kan upptäcka regelöverträdelser eller avvikelser och föreslå korrigerande åtgärder.

- *Avancerade AI-algoritmer*: Tekniker för djupinlärning kan utforskas och nyttjas för att ytterligare förbättra inspektion av ställningar med större noggrannhet och anpassningsförmåga.
- Integrering av data för holistisk platshantering: AI-systemet kan utökas för att införliva och integrera annan data från byggarbetsplatsen, rörande tex. tid- och resursplaner, materialleveranser och progression på arbetsplatsen. Detta kan ge en mer heltäckande bild och övervakningen av hur byggprojektet fortskrider. För att ett AI-system ska kunna bidra med optimering är tillgången till aktuella och korrekta data en viktig förutsättning.

Tabell 2. Projektets förväntade respektive uppnådda resultat

Förväntningar	Vad som uppnåtts
En behovskarta baserad på platsledningens behov	**Detaljerad identifiering av behoven under produktionsfasen ur en platschefs perspektiv** • Behov identifierade genom intervjuer och platsbesök. • Behoven sammanställda och i form av användningsfall såsom armeringsstål, byggnadsställningar, erfarenhetsåterföring, hälsa och säkert samt optimerad planering. • Genomförbarhetsstudie för att identifiera det mest prioriterade användningsfallet och möjliga tekniker för att stötta platschefen.
En teknikplattform för beslutsstöd i produktionsfasen	**Plattform baserad på AI och digital teknik till stöd för platschefen i daglig planering och implementering** • Utvecklat en teknisk plattform med hjälp av molnet (AI Factory) och AI-analyser av LiDAR-data. • Integrerad visualiseringsteknik som AR/VR för intuitiv användarinteraktion. • AI-driven övervakning och regelkontroll av byggnadsställningar för att stötta beslutsfattande.

Förväntningar	Vad som uppnåtts
En demonstrator baserad på digital modell	**Demonstrator för att verifiera de utvecklade komponenterna med hjälp av en digital modell, skräddarsydd för beslutsprocessen** Punktmolnsdata och AI har använts för generering av digitala modeller för ställningar vilka stöttar: • Utveckling av metodik för att utvärdera överensstämmelse med konstruktionsregler genom generering av digital representation av ställningar från punktmolnsdata. • Utveckling av algoritmer för att automatisera inspektionsprocessen och upptäcka förändringar i ställningen över tid. • Varningar och beslutsstöd med hjälp av AR/VR-immersiv teknik och samarbete på distans.
En guide för digitalisering och AI i produktionsfasen	**Guide för intressenter i utvärdering och implementera av digital teknik och AI som bidrar till att öka effektiviteten i produktionsfasen av ett byggprojekt** Detta projekt presenterar en fallstudie för digitalisering av temporära strukturer (byggnadsställningar). Ytterligare tillämpning av AI-baserade verktyg och visualiseringar har demonstrerats.

4 Referenser

Daft, R. L., and Lengel, R. H. (1986). *Organizational information requirements, media richness and structural design*. Management science, 32(5), pp. 554-571.

Engström,S., Simu,K., Räisänen,.C (2021). *Projektorganisationens olika roller i en digitaliserad byggprocess*. SBUF-rapport 13678

Gómez-Salgado, C., Camacho-Vega, J.C., Gómez-Salgado, J., García-Iglesias, J.J., Fagundo-Rivera, J., Allande-Cussó, R., Martín-Pereira, J. and Ruiz-Frutos, C., (2023). *Stress, fear, and anxiety among construction workers: a systematic review*. Frontiers in Public Health 11:1226914.

Karim, R., Galar, D., & Kumar, U. (2023). AI factory: theories, applications and case studies. CRC Press.

March, J. (1994) *A Primer on Decision Making: How Decisions Happen*, The Free Press, New York.

Regona, M., Yigitcanlar, T., Xia, B. and Li, R.Y.M. (2022) *Opportunities and Adoption Challenges of AI in the Construction Industry: A PRISMA, Review*. Journal of. open innovation. Technol. Mark. Complex. Vol. 8(1), p. 45

Samuelson, O. (2024). *Digitaliseringssatsningar i den svenska bygg- och installationsbranschen, Kartläggning 4*. SBUF, Svenska Byggbranschens utvecklingsfond.

Sharma, G., Karim, R., Samuelson, O., and Simu, K. (2023). *A Conceptual Model for AI-Enabled Digitalization of Construction Site Management Decision Making*. In International Congress and Workshop on Industrial AI, pp. 145-159, Cham: Springer Nature Switzerland.

Simu, K., 2009. *The construction site manager's impact on risk management performance* (Doctoral dissertation, Luleå tekniska universitet).

Simu, K. and Samuelson, O. (2025) *AI as support for daily decision-making regarding scaffolding at construction sites*. International Congress and Workshop on Industrial AI and eMaintenance

Soori, M., Jough, F. K. G., Dastres, R., & Arezoo, B. (2024). *AI-based decision support systems in Industry 4.0, A review.* Journal of Economy and Technology.

Styhre, A., and Josephson, P. E. (2006). *Revisiting site manager work: stuck in the middle?* Construction management and economics, 24(5), pp. 521-528.

Tversky, A., and Kahneman, D. (1974). *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases: Biases in judgments reveal some heuristics of thinking under uncertainty*. Science, Vol. 185(4157), pp. 1124-1131.

5 Bilagor

5.1 Bilaga 1 – A conceptual model for AI-enabled digitalization of construction site management decision making

En konceptuell modell för AI-baserad digitalisering av beslutsfattande inom byggarbetsplatshantering. Publicerad vid Internationell kongress och workshop om industriell AI och eMaintenance, Luleå 2023. *Sharma G., Karim R., Simu K. och Samuelson O. (2023)*

5.2 Bilaga 2 – Industrial AI for Safety on Construction Site

Industriell AI för säkerhet på byggarbetsplatsen. Lämnade in och presenterade ett utökat abstrakt i Artificial Intelligence in Architecture, Engineering and Construction, 2024, Helsingfors.

Prabhu, S. Patwardhan, A. och Karim, R. (2024)

5.3 Bilaga 3 - AI for enhanced Site Management: Integrating AI Decision Support for Scaffolding Inspection

Whitepaper om AI för förbättrad platshantering: Integrera AI-beslutsstöd för inspektion av ställningar.

Prabhu, S. Patwardhan, A. och Karim, R. (2024)

5.4 Bilaga 4 – AI as support for daily decisions at construction sites

AI som stöd för dagligt beslutsfattande kring ställningar på byggarbetsplatser. Insänt i Internationell kongress och workshop om industriell AI och eMaintenance, Luleå 2025. *Simu K. och Samuelson O. (2025)*

5.5 Bilaga 5 - Enhancing Decision Support in Construction through Industrial AI

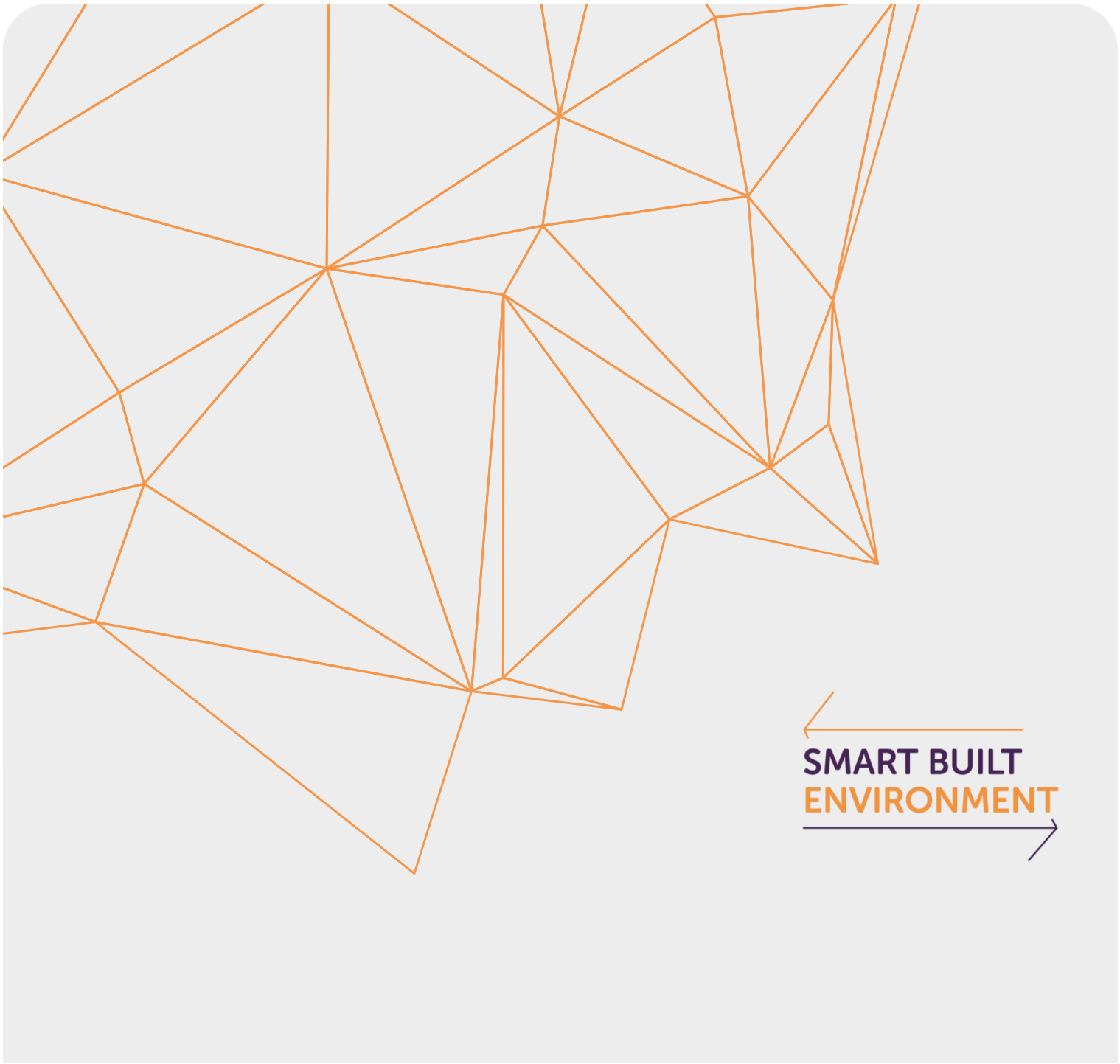
Förbättra beslutsstödet i byggbranschen med hjälp av industriell AI. Insänt i Internationell kongress och workshop om industriell AI och eMaintenance, Luleå 2025.

Khanna, P., Prabhu, S. Karim, R. och Tretten, P. (2025)

5.6 Bilaga 6 - POINT CLOUD BASED MONITORING OF SCAFFOLDING: ASSISTANCE TO SITE MANAGER DECISIONS

Punktmolnsbaserad övervakning av ställningar: stöd vid beslut av platschefen. Inlämnad/Under granskning.

Prabhu, S. Patwardhan, A. och Karim, R. (2025)



Med stöd från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

Energimyndigheten

FORMAS

Strategiska innovations-program

Smart Built Environment c/o IQ Samhällsbyggnad | Drottninggatan 33 | 111 51 STOCKHOLM | info@smartbuilt.se | 070-645 16 40 | www.smartbuilt.se