

BIM-Interoperabilitet i byggprojektering

Utmaningar och möjligheter med BIM-interoperabilitet i projekteringsfasen



**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för bygg- och miljöteknologi / Byggproduktion**

Examensarbete:
Alan Ebdo

Copyright Alan Ebdo, 2025

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Sammanfattning

Byggnadsinformationsmodellering (BIM) har på senare tid blivit ett viktigt verktyg inom byggsektorn. BIM möjliggör samarbete och informationsutbyte för BIM-program, men detta är inte felfritt, BIM-interoperabilitet är fortfarande en utmaning, särskilt under projekteringsfasen. Denna studie har som syfte att identifiera utmaningarna inom BIM-interoperabilitet samt att hitta strategier som leder till bättre BIM-interoperabilitet mellan olika program.

En kvalitativ metod används för denna studie, med semistrukturerade intervjuer med projektörer som arkitekter, BIM-koordinatorer och projektledare. Data från intervjuerna analyserades med hjälp av en tematisk analys. Följande tre teman var resultatet, erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror, hinder hos programvara och kunskap hos aktörer inom projekteringsprocessen, arbetssätt och kravställningar.

Titel: BIM-interoperabilitet i byggprojektering

Författare: Alan Ebdo

Handledare: Carlos Martinez

Examinator: Margherita Lisco

Syfte & mål: Syftet är att undersöka interoperabiliteten mellan olika BIM-program, och målet är att skapa en fördjupad förståelse för BIM-interoperabilitet

Nyckelord: BIM-interoperabilitet, Projekteringsfasen, Standarder, interoperabilitets nivåer

Abstract

Building Information Modelling (BIM) in recent times has become an important tool in the building construction sector. BIM provides collaboration and information exchange for BIM-programs, however this is not flawfree, BIM interoperability is still a challenge especially during design phases in a project. This study has a purpose to identify the challenges in BIM-interoperability as well as finding strategies which led to better BIM-interoperability between different programs.

A qualitative method is used for this study, with semi-structured interviews with professionals as architects, BIM-coordinators and project leaders. The data acquired from the interviews was analysed using a thematic analysis. The following three themes were the result: experience and opinions on transfers and software, barriers with software and lack of knowledge in professionals in the design phase, work methods and requirements.

Title: BIM-interoperability during the building design process

Authors: Alan Ebdo

Supervisor: Carlos Martinez

Examiner: Margherita Lisco

Aim & goal: The aim is to investigate interoperability between BIM-software, and the goal is to get in-depth understanding about BIM-interoperability.

Keywords: BIM-interoperability, Design phase, Standards, Interoperability Levels

Förord

Detta examensarbete har genomförts under höstterminen 2025 och vårterminen 2026 som det sista skedet av vår utbildning till högskoleingenjörsutbildning i byggteknik med arkitektur vid Lunds tekniska högskola, Campus Helsingborg som ligger på 22,5 högskolepoäng.

Jag vill ge ett stort tack till min handledare Carlos Martinez som varit min handledare och som varit en bollplank genom hela examensarbetet och ett stort tack till min examinator Margherita Lisco som ställt upp som examinator. Jag vill även tacka mina respondenter som tagit ut tid från sin fritid och ställt upp till detta examensarbete.

Helsingborg 2026-05-04

Innehållsförteckning

Utmaningar och möjligheter med BIM-interoperabilitet i projekteringsfasen	1
Sammanfattning	4
Abstract	4
1. Inledning	10
1.1 Bakgrund	10
1.2 Syfte	11
1.3 Frågeställningar	11
1.4 Avgränsningar	11
1.5 Disposition	11
2. Metod	13
2.1 Arbetsprocess	13
2.2 Forskningsansats	13
2.3 Litteratursökning och databaser	14
2.4 Urval av källor och vidare informationssökning	14
2.5 Intervjuer och kvalitativ metodik	15
2.6 Urval av respondenter	16
2.7 Analysmetod	16
2.8 Validitet och Reliabilitet	17
2.9 Hjälpmedel	18
3. Teoretiskt ramverk	19
3.1 Building Information modelling (BIM)	19
3.2 BIM Programvaror och verktyg i projekteringsprocessen	21
3.3 Organisatoriska och processrelaterade aspekter av BIM	23
3.4 BIM i praktiken under projekteringsprocessen	24
3.5 Interoperabilitet inom BIM	25
3.5.1 Teknisk interoperabilitet	26
3.5.2 Syntaktisk interoperabilitet	26
3.5.3 Semantisk interoperabilitet	26
3.5.4 Organisatorisk interoperabilitet	26
3.6 Industry Foundation Classes (IFC) och andra standardiserade format	27
3.7 Sammanfattning av utmaningar med BIM-interoperabilitet i projekteringsfasen	28
3.8 Sammanfattning av möjligheter med förbättrad BIM-interoperabilitet	29
4. Analys och Resultat	32
4.1 Resultat	32
4.2 Tematisk analys	32

5. Analys och Diskussion	36
5.1 Problem och utmaningar som uppstår när olika BIM-program används i samma projekt	36
5.2 Hur bristande interoperabilitet påverkar informationsflödet och kvaliteten i byggprocessen	37
5.3 Standardiseringens (t.ex. IFC-format, nationella riktlinjer) roll för ett effektivt BIM-arbete	37
5.4 Strategier och lösningar som används för att förbättra interoperabilitet mellan BIM-program	38
5.5 Sammanfattning	39
6. Slutsats	40
6.1 Framtida forskningsförslag	41
Referenslista	42
Bilaga	45

Begrepp och förkortningar förklaringar:

BIM, Building Information Modelling

IFC, Industry Foundation Classes

BCF, BIM Collaboration Format

VVS, Värme Ventilation och Sanitet

LOD, Levels of Development

ISO, International Organization for Standardization

CAD, Computer-Aided Design

1D-8D, Dimensioner i BIM

Kollisionskontroll, identifiering av byggdelar vid krock

Samordning, samarbete mellan aktörer

Informationsflöde, data rörelsen mellan aktörer och system

Standardisering, att använda gemensamma format

Klassificeringssystem, system att strukturera information

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Building Information Modelling (BIM) har under senaste tiden blivit en användbar del under projekteringsfasen inom byggbranschen. Enligt Porsani et al. (2021) används BIM av projektörer där BIM möjliggör bland annat insamling, struktureras samt delas mellan flera BIM-verktyg vilket möjliggör att flera aspekter genomförs, exempelvis modellering, energianalysering och tids- och kostnadskalkylering. BIM fungerar som en mittpunkt för projektörer med flera fördelar, välfungerande BIM bidrar till effektivare samarbete, bättre kvalitet i projekten samt bättre underlag för beslut. Författaren presenterar fördelar med BIM som exempelvis mindre fel, bättre analysarbeten samt en mer pålitlig och snabbare projektering.

BIMs utveckling har drivits av behovet av att förbättra informationsflödet mellan olika programvaror och discipliner. I tidigare program såsom AutoCAD-program fanns det brister, som till exempel AutoCAD saknade förmågan att presentera data på sätt som tillät sömlös kommunikation mellan olika aktörer. För detta behov utvecklades en standard benämnd Industry Foundation Classes (IFC). IFC har utvecklats i syfte att ge information och data som sammanfattas och överförs i en gemensam struktur. Motivationen för att skapa olika standarder som IFC är att skapa tekniska förutsättningar för begreppet interoperabilitet för BIM-program (Steel, et al, 2012). Trots dessa standarder skapade av IFC kvarstår problem och utmaningar med interoperabilitet, exempelvis att BIM-verktyg tolkar och organiserar information på olika sätt vid överföringar.

Shehzad et al. (2021) påpekar att dålig interoperabilitet fortfarande är det centrala hindret för att BIM ska kunna användas till sin maximala potential i projekteringsfasen. Enligt författaren, behöver interoperabilitet förstås på flera nivåer, tekniska, syntaktiska, semantiska och organisatoriska nivåer. Tekniska nivån handlar om filformat och överföringar, syntaktiska nivån handlar om hur information struktureras. Semantiska nivån handlar om hur programmen tolkar informationen. Organisatoriska nivån handlar om arbetsprocesser och samarbete mellan aktörer. och att brister på någon av dessa olika nivåer kan leda till ett flertal fel och ineffektiviteter. Felen uppstår främst under projekteringsfasen när BIM-modellen överförs mellan olika program för tekniska analyser. Det kan uppkomma informationsförluster till exempel när en modell överförs från ett modelleringsverktyg till energianalysverktyg, felaktiga tolkningar av geometri kan uppstå samt att aktörerna behöver komplettera modellen (Porsani et al. 2021). Dessa problem är för att standarder som IFC inte implementeras och tolkas på likadant sätt av de olika BIM-programvarorna. Detta orsakar hinder för projekteringsskedets arbetsflöden.

Sammanfattningsvis bidrar BIM i nuläget med många fördelar , exempelvis färre fel och bättre datakvalitet, men det finns fortfarande brister med BIM-interoperabilitet vilket leder till ett negativt intryck på projekteringsfasen, vilket begränsar projekteringsfasen. En undersökning om BIM-interoperabilitet är nödvändig eftersom identifiering av utmaningar och lösningar kan bidra till bättre BIM-interoperabilitet.

1.2 Syfte

Studiens syfte är att undersöka BIM-interoperabilitet och metodens förmåga att samarbeta under projekteringsfasen, och interoperabilitetsutmaningarna och dess intryck på projekteringsfasen. Målet med studien omfattar att skapa bättre förståelse för BIM-interoperabilitet, identifiering av utmaningar och hinder hos BIM-program samt projektörer, och strategier som projektörerna använder för att förbättra BIM-interoperabilitet.

1.3 Frågeställningar

- 1 Vilka problem och utmaningar uppstår när olika BIM-program används i samma projekt?
- 2 Hur påverkar bristande interoperabilitet, informationsflödet och kvaliteten i byggprocessen?
- 3 Vilken roll spelar standardisering (t.ex. IFC-format, nationella riktlinjer) för ett effektivt BIM-arbete?
- 4 Vilka strategier och lösningar finns för att förbättra interoperabilitet mellan BIM-program?

1.4 Avgränsningar

Detta examensarbete avgränsas till att studera och öka kunskapen för interoperabilitet och BIM-programkompatibilitet inom byggsektorn under projekteringsfasen. Examensarbete omfattar inte produktion, drift och förvaltning utan bara projekteringsfasen. Studiens fokus ligger i informationsutbyte mellan BIM-program, studien inriktar sig också i generella utmaningar och hinder som påpekas av de använda källorna. Studien utesluter organisatoriska aspekter exempelvis som kontraktsformer och implementeringsstrategier, studien utesluter även teknisk analys och statistik från BIM-program.

1.5 Disposition

Kapitel 1: Inledning

Kapitel 1 presenterar grundlig information till studiens problemområde och beskriver anledningen till varför interoperabilitet och programkompatibilitet inom

BIM under projekteringsfasen är ett viktigt område. I detta kapitel redogörs även syfte, frågeställningar och de avgränsningar som ligger till grund för examensarbetet.

Kapitel 2: Metod

Kapitel 2 presenterar metoden använd för detta examensarbete, exempelvis datainsamlingen men även arbetsprocessen. Arbetsprocessen beskrivs stegvis exempelvis för hur författaren använt sig av källorna i examensarbetet. Här berättas även hur intervjuer hittades, och de representeras här.

Kapitel 3: Teoretiskt ramverk.

I kapitel 3 presenteras olika teorier och begrepp som är viktiga och centrala för att förstå interoperabilitet inom BIM. Här beskrivs BIM, IFC-standarder och de olika nivåer av interoperabilitet som nämns i de studier som finns med i examensarbetet.

Kapitel 4: Resultat

I kapitel 4 presenteras intervjuerna och analysen av intervjuerna, tre intervjuer transkriberades ord för ord och två intervjuer kopierades från mail och klistrades in. Analysen av intervjuerna genomfördes med hjälp av tematisk analys.

Kapitel 5: Analys och diskussion

I kapitel 5 presenteras frågeställningarna, och de besvaras med information från teoretiska ramverk och resultat från intervjuerna.

Kapitel 6 Slutsats

I kapitel 6 presenteras resultaten från teoretiska ramverk och resultaten från intervjuerna. I detta kapitel dras slutliga drag, och frågeställningarna besvaras kortfattat.

2. Metod

2.1 Arbetsprocess

Detta examensarbete påbörjades under höstterminen 2025 och fortsatte under vårterminen 2026. Arbetet strukturerades och delades in i olika faser (se Figur 2.1). Förstudien var den första fasen av examensarbetet där problemområdet undersöktes och avgränsade, förstudien fokus var på BIM under projekteringsfasen. Förstudien bidrag med grundläggande kunskap om ämnesområdet vilket bildade underlag för ytterligare fördjupning. Förstudien resulterade i att ett måldokument skapades där syfte, mål och frågeställningar identifierades. Efter förstudien påbörjades kapitel 1 (inledning) vilket var en fortsättning av måldokumentet. Efter kapitel 1 påbörjades litteraturstudien, vilket hjälpte till att skapa ett teoretiskt ramverk. Litteraturstudien var en fördjupning av måldokumentet där fördjupad information identifierades och vidare information undersöktes. För litteraturstudien användes främst Google Scholar och Scopus som sökdatabaser. Samtidigt som litteraturstudien skrevs även metodkapitlet där olika intervjutyper undersöktes och relevanta metoder för arbetet undersöktes, även metoder för att skriva akademiskt. Efter att en stor del av litteraturstudien och metodkapitlet skrevs, utformades frågorna till intervjuerna och respondenter söktes. Efter genomförandet av intervjuerna analyserades intervjuerna och skrev ordagrant i resultatkapitlet. Transkribering av intervjuer var datainsamlingen. För dataanalys används tematisk analys vilket är ett lämpligt alternativ för kvalitativa examensarbeten (Braun och Clarke, 2006, citerad av Säfsten och Gustavsson, 2020).



Figur 2.1: Visualisering av arbetsprocessen, ritad på google presentation, egen ritning.

2.2 Forskningsansats

I texten Svenska Akademien (2018, citerad av Säfsten & Gustavsson, 2020) nämns att kvantitativ metodik är standardisering och formalisering, där syftet är att arbetet ska strävas att ha data i numerisk form, alltså med hjälp av mätning och analys. Metoden fokuserar på att framhålla statistiska resultat och används ofta när studien har mätbara objekt, vilket ofta leder till att forskaren och det undersökta ämnet har en distans, eftersom forskaren inte har egna tankar i arbetet utan det för det mesta bara fokuserar på statistik. En kvalitativ forskningsansats innebär att skapa en fördjupad förståelse av BIM-interoperabilitet och inte statistik om BIM-interoperabilitet. Säfsten och Gustavsson (2020) beskriver att en kvalitativ forskningsansats innebär beskrivningen av information genomförs med ord och bilder och inte siffror och diagram. En kvalitativ och kvantitativ forskningsansats urskiljs på följande vis, i en kvantitativ metod efterfrågas mätbarhet och omfattning, men i den kvalitativa metoden efterfrågas förståelse över fenomenet.

En kvalitativ metod används för detta examensarbete, eftersom studien är en undersökning med flexibla och nyanserade resonemang och inte mätbara samband och statistik. Exempel på flexibla och nyanserade resonemang är intervjuer där respondenterna framställer, erfarenheter, upplevelser och tolkningar inom projekteringsfasen

2.3 Litteratursökning och databaser

Litteraturstudier omfattar insamling och undersökning av tidigare forskning i en akademisk text (Säfsen & Gustavsson, 2020). En förståelse över den kända informationen ska ges i den akademiska texten, vilket betyder att ny information utesluts för litteraturstudien. Det finns flera anledningar till att göra en litteraturstudie men några centrala anledningar är att ge en överblick över ämnesområdet, bidra till att identifiera viktiga frågor kring ämnet eller att göra en lättförståelig text av splittrad information.

För litteratursökningen har främst Google Scholar och Scopus använts, de ger ett brett urval av vetenskapliga artiklar och studier för fenomenet, Scopus ger även specifika och relevanta artiklar.

Vid sökning av information har frågeställningarna använts som sökord när dessa databaser användes. Den första sökningen utformades som följande mening, Interoperability in Building Information Modeling, sökningen utformades på engelska vilket resulterade i fler artiklar. Den första sökningen resulterade i cirka 46 100 träffar på Google Scholar och relevanta artiklar valdes ut. Efteråt specificeras sökningen ytterligare med fler sökningar för att få tag i specifik information, till exempel Interoperability in Building Information Modeling in project planning eller IFC in BIM. Efter alla sökningar genomförts kvarstod 23 akademiska skrifter och två böcker som valdes ut, titlarna granskades, studier som inte var relevanta för examensarbetets fokus exkluderades, till exempel studier som inte handlar om BIM inom byggprojektering exkluderas såsom studier inom BIM inom järnvägsinfrastruktur. Nästa steg var att läsa sammanfattningarna och bedöma om studierna var relevanta för studiens syfte.

2.4 Urval av källor och vidare informationssökning

De valda källorna valdes inte bara på grund av deras relevans till examensarbetets syfte utan även på källornas vetenskapliga kvalitet. När artiklarna läses och ny information hittas, exempelvis en ny standard för BIM-interoperabilitet, genomfördes ytterligare sökningar med hjälp av den nya informationen för att hitta relevant information om den nya standarden som hittades. Sökningen påbörjades med breda sökningar, exempelvis för att identifiera olika standarder för BIM-interoperabilitet, därefter genomfördes ytterligare sökningar för de specifika standarderna.

2.5 Intervjuer och kvalitativ metodik

Förutom information från litteraturstudien har även information från intervjuer använts. Kvalitativ metod användes för intervjuerna vilket syftar till att komplettera litteraturstudien med praktisk information från arkitekter och ingenjörer, hur de tänker kring BIM-interoperabilitet i projekteringsfasen. Säfsten och Gustavsson (2020) beskriver vad en kvalitativ intervjumetod innebär, författarna påpekar att en kvalitativ intervjumetod bidrar till praktiska perspektiv där respondenter uttalar olika tankar som exempelvis erfarenheter, arbetsprocesser, utmaningar samt andra synpunkter.

En litteraturstudie och en intervjustudie används för studien, litteraturstudien presenterar tidigare forskning alltså information som författare redan har forskat medan författaren bestämmer vad som ska presenteras i intervjustudien med egna frågor, författaren bestämmer vilket område som ska undersökas och vilka frågor som ska ställas. I intervjustudien presenteras projektörers erfarenhet och synpunkter.

Kvale och Brinkmann (2014, som citeras av Säfsten och Gustavsson, 2020) beskriver en intervju som ett professionellt samtal, med specifikt syfte att samla in relevant information för ämnesområdet, denna typ av information kan innehålla faktiska förhållanden och upplevelser om ämnesområdet. Det finns tre typer av intervjuer: strukturerad, semistrukturerad och ostrukturerad.

Säfsten och Gustavsson (2020) beskriver en strukturerad intervju, de uttalar att en strukturerad intervju använder sig av bestämda frågor. Semistrukturerad intervju är en blandning av strukturerad och ostrukturerad intervju, eftersom intervjun har ett tema och planerade frågor men även utrymme för följdfrågor och fördjupning presenterar forskaren, forskaren utgår först från en struktur men kan komplettera med fördjupningsfrågor. Forskaren påpekar att ostrukturerad intervju är en friare intervju där forskaren inte har obligatoriska frågor som måste ställas, och har mer ett fritt samtal med respondenten, detta ger respondenten mer utrymme att lägga till egna synpunkter samt lägga till fördjupade svar. Semistrukturerade intervjuer används i detta examensarbete, med planerade frågor men även utrymme för kompletteringsfrågor om det uppkommer. Semistrukturerad intervju är viktig för detta arbete bland annat på grund av att öka sannolikheten att erhålla liknande svar från respondenterna samt för att ge utrymme för mer information om det uppkommer följdfrågor, vilket bidrar med hög relevans.

Tre av intervjuerna genomfördes via Google Meet, och två av intervjuerna genomfördes via mail eftersom två av respondenterna inte hade möjligheten till en digital intervju. Vid Google Meet mötena ställde intervjuaren frågor till respektive respondent, och respondenterna svarade på frågorna. De två första respondenterna föreslog förberedelse till intervjun och de begärde efter frågorna i förväg, men den tredje respondenten via Google Meet var oförberedd. De andra intervjuerna

genomfördes via mail, där frågorna skickades till respondenterna samtidigt, och respondenterna svarade på de i efterhand.

Respondent	Roll	Tidsintervall	Företagstyp	Plats/digitalt
Respondent 1	BIM-Samordnare	18 år	Bygg och Anläggningsföretag	Mail
Respondent 2	Utbildat arkitekter	27 år	Konsultföretag	Google Meet
Respondent 3	Utvecklare på digitala arbetssätt	7 år	Konsultföretag	Google Meet
Respondent 4	Arkitekt	19 år	Arkitektkontor	Mail
Respondent 5	Projektledare	5 år	Konsultföretag	Google Meet

Tabell 2.5.1: Information om respondenter.

2.6 Urval av respondenter

En intervjustudie med erfarna respondenter är relevant för denna studie eftersom studiens mål är att skapa en fördjupad förståelse av BIM-interoperabilitet och erfarna respondenter bidrar till mer relevant information än inte kunniga respondenter. Sökningen av respondenter utfördes med flera metoder, den första sökningen gjordes genom att kontakta stora byggföretag och ringa dem och presentera det som söktes, och företagen kunde upplysa relevanta respondenter om möjligheten fanns. LinkedIn användes också som en sökningsmetod, där kontakt skapades med relevanta personer, och inbjudan skickades till en intervju. Vid sökning av respondenter kontaktades nio företag och fem personer från LinkedIn. En person från LinkedIn svarade och tre företag svarade och upplyste personer, totalt ställde fem personer upp för intervjuer.

2.7 Analysmetod

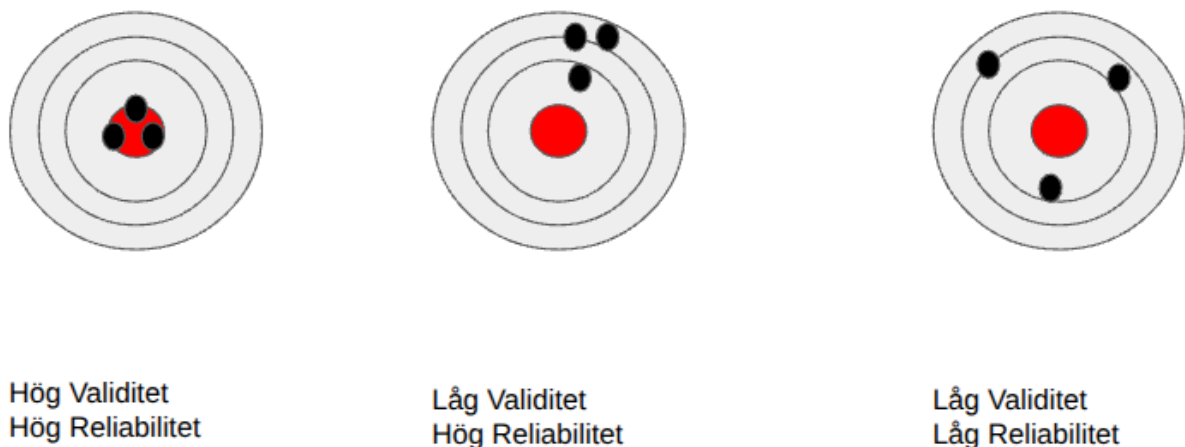
Studien använde en tematisk analys för intervjuerna, med syfte att identifiera, analysera och presentera återkommande mönster som uppstår i den framtagna datan (Braun och Clarke, 2006, citerad av Säfsten och Gustavsson, 2020). Det är som kodning där exempelvis flera olika meningar sägs och de inte är exakt samma men har samma betydelse kan de koderna tematiseras tillsammans, desto fler koder det finns i ett tema desto större vikt har de temat. Analyseringen genomförs på flera nivåer, med mål att samla mönster vilket bidrar till analysering av relevant information eftersom mönster utesluter icke relevant information. Den tematiska analysen användes på grund av att den möjliggör en fördjupad förståelse för det relevanta och utesluter den irrelevanta informationen för BIM-interoperabilitet under projekteringsprocessen.

Analysen genomfördes i följande steg. Transkriberingarna analyserades noggrant och viktig information samlades och samtliga koder skapades till respektive information, exempelvis, när det gäller vilka hinder det finns, det är ju ett, det är kunskapen, en kod till denna mening kan vara kunskapsbrist. Koder skapas till all viktig information relaterad till studiens frågeställningar och efteråt skapades teman till koderna, och för kunskapsbrist kan ett tema vara kunskapsbrist hos konsulter. Efter tematisering analyseras dessa punkter för att identifiera om temat är viktigt för denna studie och har en koppling till studiens frågeställningar. Meningarna, koderna och temana presenteras i en tabell 4.1

2.8 Validitet och Reliabilitet

Validitet och reliabilitet används i undersökningar som kriterier på grund av dess nytta. Denna metod i en undersökning beskriver följande aspekter, validitet omfattar relevans, korrekthet (Säfsten och Gustavsson, 2020). Denna studies fokus ligger på BIM-interoperabilitet under projekteringsfasen vilket bidrar till hög validitet. De metoder som används för att tillbringa hög validitet är exempelvis att intervjufrågorna och studiens frågeställning och syfte är kopplade, vilket medverkar att identifiera kopplingar från teoretiska ramverken och intervjudatan. En ytterligare fördel med semistrukturerade intervjuer är att bidrar med validitet på grund av att en djuphet över ämnesområdet samt relevans ges av intervjudata.

Reliabilitet handlar om hur pålitliga och stabila resultaten är. Reliabilitet beskriver möjligheten att få samma resultat av olika artiklar, eller intervjuer, till exempel om en studie refererar till tre olika artiklar, och alla tre artiklar säger BIM-interoperabilitet är ett problem, betyder det att det är hög reliabilitet (Nyquist, 2017; Yin, 2018, citerade av Säfsten och Gustavsson, 2020). Reliabilitet kan säkerställas genom olika metoder, som till exempel använda samma intervjufrågor till varje respondent, vilket detta examensarbete gör, inspelning och transkribering av intervjuer, intervjuerna spelas in och skrivs om ord för ord.



Figur 2.8.1 : Demonstration av validitet och reliabilitet, ritad på google presentation, egen ritning, inspiration tagen från Säfsten och Gustavsson (2020)

I detta examensarbete har validitet och reliabilitet säkerställts genom olika åtgärder, exempelvis att intervjufrågorna är knutna till frågeställningarna och studiens syfte. Flera studier användes till samma syfte, exempelvis för BIM-utmaningar användes flera olika källor för att samla in olika perspektiv för ämnesområdet, respondenterna svarade också på samma grundfrågor vilket också gav olika synpunkter på samma fråga, vilket kännetecknas för triangulering.

2.9 Hjälpmedel

I denna studie har verktyg använts, Google translate, AI-verktyg (Chat-gpt) och transkribering verktyg (TurboScribe). Google translate användes för bättre förståelse i de akademiska texterna på engelska, AI-verktygen användes för stöd för språket som exempelvis identifiering av talspråk, grammatikfel samt identifiering av begrepp och förkortning förklaringar, vilket bidrar till bättre flyt och akademiskt skrivande, och transkribering verktyg har använts för transkribering av intervjuer, därefter kontrollerades transkriberingen för korrekt transkribering. Verktygen har inte använts för skrivandet utan bara som stöd för skrivandet. Jag tar ansvar för studiens innehåll och skrivande.

3. Teoretiskt ramverk

3.1 Building Information modelling (BIM)

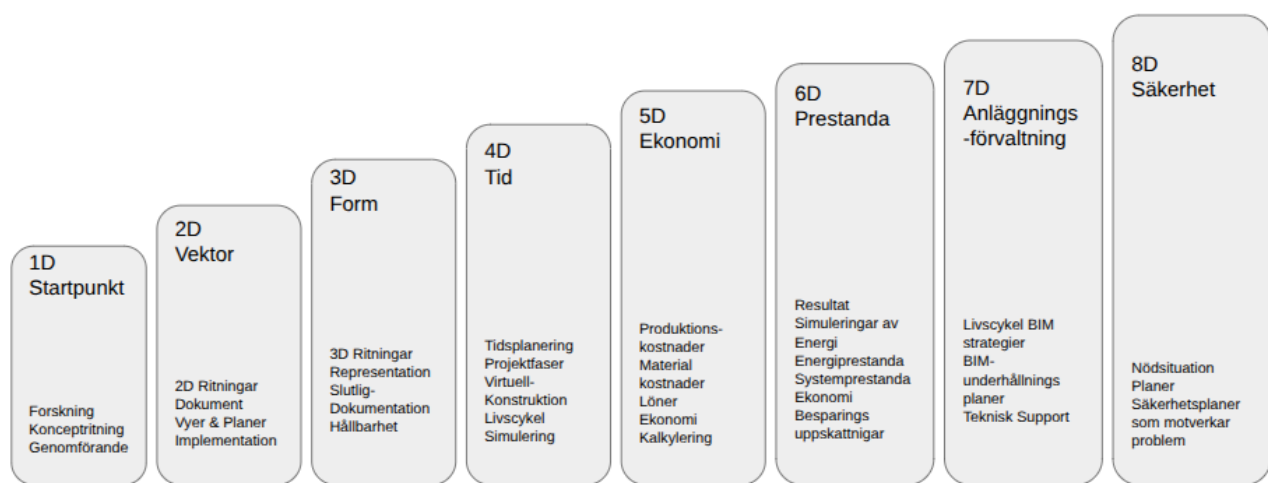
Building Information Modelling (BIM) är en central del som används av byggbranschen som omfattar byggprojekt genom geometrisk och semantisk information. BIM är inte bara en teknisk del utan också ett arbetsätt. BIM kan kännetecknas som en data och informationsbärare mellan olika aktörer inom bland annat projekteringsfasen, detta gör det möjligt att de digitala BIM-modellerna kan användas som underlag för olika typer av beräkningar och analyser av olika aktörer. BIM-interoperabilitetsproblem ger ett negativt intryck på projektet (Porsani et al. 2021). Gao et al. (2015) påpekar att BIM-modellerna formas utifrån standardiserade informationsmodeller som exempelvis IFC (Industry Foundation Classes). Författaren beskriver metodisk strukturering som en central aspekt som ansvarar för följande aspekter för digitala resurssystem, såsom hur organisering, sökning och användning genomförs av modellen.

BIM-baserad byggprojektering betyder att projekteringen har genomförts med hjälp av digitala BIM-verktyg med syfte att samla och strukturera byggnadsinformation i en gemensam miljö. Under tidiga skeden av projekteringsfasen använder projektörerna exempelvis kollisionskontroll/ samordning programvaran Autodesk Navisworks Manage vilket möjliggör identifiering av kollisioner och kvalitetsbrister (Holm och Wallgren, 2013). Vilket bidrar till tids- och kostnadsbesparingar under produktion eftersom projektörerna tidigt identifierar problem.

En central förutsättning för BIM-baserad projektering är interoperabilitet, alltså programvarans egenskap att överföra och tolka information. IFC och andra möjliga standarder gör det möjligt att utbyta information mellan olika program, dock visar Lee et al. (2015) och Porsani et al. (2021) att det sker informationsförluster vid överföringar, mest under projekteringsfasen. BIM öppnar många möjligheter, projekt som använder BIM som en central metod tar del av följande fördelar: möjlighet till energianalyser samt andra analyser, förbättrat beslutsunderlag. Dessutom påpekar Ramaji et al. (2016) att energi analyser genomförs med BIM-verktyg som exempelvis OpenStudio. Abanda et al. (2025) påpekar att med hjälp av strukturerad informationshantering med hänsyn till ISO 19650 även bildas förutsättningar där överföringen från projekteringen till produktionen ska vara kontinuerlig, men även att överföringen till drift och förvaltning ska också vara kontinuerlig. BIM beskrivs av BIM-dimensioner där varje dimension beskriver olika aspekter av ett projekt.

BIM-dimensioner beskriver ett projekt som struktureras i projekteringsfasen på olika dimensioner. Jansson (2009) beskriver kort om 1D och 2D dimensionering inom byggprojektering. 1D och 2D är de traditionella arbetssätten innan införandet av BIM. I 1D beskrivs projektet med hjälp av texter, som beskrivningar, tekniska specifikationer och kravdokument. Författaren beskriver att 2D i projektering är

tvådimensionella ritningar exempelvis som planritningar, och sektioner. Författaren nämner att 3D-BIM är den grundläggande nivån, där modellen representeras i geometrisk utformning, och där 3D-modellen används för bland annat visualisering, samordning och kollisionsskontroll under projekteringsfasen mellan olika aktörer. 4D-BIM är en tidsanpassad dimension som är kopplad till 3D-BIM och detta medverkar med byggfasens olika moment där det är möjligt att genomföra olika simuleringar av momenten. Författaren påpekar att 4D-BIM används för överföringen från projekteringsfasen till produktionsfasen där tidsrelaterade aspekter ingår som exempelvis projektets utveckling. 5D-BIM är ekonomi anpassad där beräkningar genomförs som exempelvis materialkostnad eller personal beräkningar, presenterar forskaren. Denna dimension bidrar till mindre ekonomiska förluster samt bidrar till beslutsantagandet och kostnadskontrollen.



Figur 3.1.1: Illustration av 1D till 8D och vad de innebär; egen ritning från Google presentation inspiration tagen från Google bilder; egen ritning.

Förutom 1D-5D finns ytterligare dimensioner som 6D, 7D och 8D. Al-Raqeb och Ghaffar. (2025) förklarar dimensionerna 6D-8D. 6D-BIM är även kallat för hållbarhetsdimension, och fokuserar på energianvändning, koldioxidutsläppen och resursförbrukning. Med hjälp av 6D är det möjligt att förbättra BIM-modellens aspekter av modellen exempelvis som energiförbrukningen. I 7D ligger fokuset främst på drift och fastighetsförvaltning, information som är relaterade till 7D är information om underhåll, livslängd men även byggnadskomponenter, vilket leder till minskade kostnader över längre tidsperioder och bidra till bättre förvaltning påpekar författaren. I 8D BIM ligger fokuset på säkerhet och riskhantering, information som finns i 8D BIM är säkerhetsinformation som i sin tur kan bidra till att potentiella problem identifieras tidigt i processen, påpekar författaren.

Sedan nämner Abanda et al. (2025) att det finns ytterligare dimensioner kopplade till drift och förvaltning, vilket betyder att BIM-modellen är användbar under hela projektets livscykel till förvaltning. Förutom dimensioner beskrivs BIM-modeller även med LOD, alltså levels of development.

Levels of development (LOD) inom BIM betyder vilken nivå av detaljering och tillförlitlighet som BIM-objektet har under projektets faser (Latiffi et al. 2015). LOD används i syfte att tydliggöra informationen som ska vara med i BIM-objektet just under den fasen, och det bidrar till mindre feltolkningar och annat mellan olika aktörer, presenterar författaren. Det finns olika nivåer inom LOD, och de sträcker sig från LOD 100-LOD 500, i dessa nivåer finns flera nivåer av detaljering. Forskaren nämner att i LOD 100 finns det en konceptuell modell som kan användas i tidiga analyser, i LOD 200 är modellen mer detaljerad med någorlunda dimensioner men även med placering och orientering. I LOD 300 är objektet mer exakt ritad med rätt dimensioner och orientering, och LOD 400 är den slutliga modellen där det finns tillräckligt med information för tillverkning och installation och LOD 500 är en fullständig modell som är anpassad för drift och förvaltning.



Figur 3.1.2: Illustration av levels of development, LOD 100-LOD 500, rita på Google presentation, egen ritning.

3.2 BIM Programvaror och verktyg i projekteringsprocessen

Under projekteringsprocessen finns det flera olika digitala verktyg och programvaror som kan användas för modellering, analys/simulering, samordning/kollisionskontroll, dokumenthantering/samarbete och kvantitetsberäkning/kostnadsplanering.

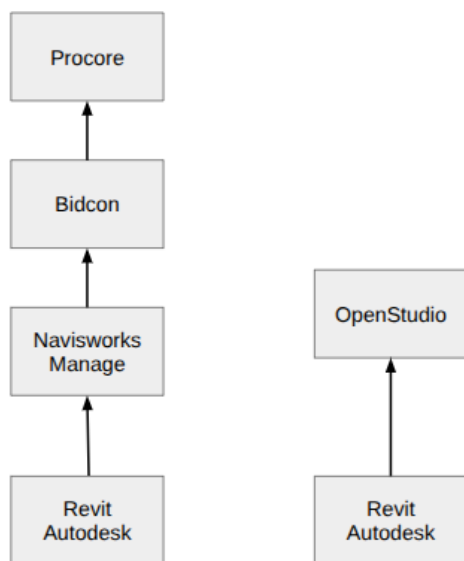
För modellering används ofta en programvara som heter Revit. Autodesk Revit är ett av många BIM relaterade programvaror som innehåller både geometrisk och informationsmässig data, som till exempel fysiska och logiska egenskaper relaterade till objektets komponenter, i bygg objektet (Zotkin et al. 2016). I byggprojekt behövs flera programvaror användas och nackdelen med BIM-interoperabilitet är att vid överföringar av modeller från exempelvis Revit till analysverktyg, är överföringar begränsade vilket leder till extra arbete eftersom projektörer behöver en korrekt version av modellen, presenterar författaren. Revit fungerar som den centrala hubben för ett byggprojekt där själva Revit-modellen överförs till andra BIM-program främst och inte ofta att ett annat program skickar filen till Revit.

Procore är ett BIM-baserat verktyg för byggprojektledning som stödjer samordning och dokumenthantering. En möjlighet som BIM-verktyget Procore samverkar med är att en BIM-modell kan sammanställas med projektdata, som exempelvis olika dokument, arbetsuppgifter eller kommunikation, och detta bidrar till bättre samarbete mellan de olika aktörerna (Kurzynski et al. 2024). Författaren påpekar att Procore bidrar till flera aspekter när flera projektörer använder flera BIM-program parallellt, exempelvis förbättras informationsdelning och samordning.

I Elecosofts hemsida har byggföretaget skrivit om Bidcon och vad de använder den till i ett byggprojekt. Enligt Elecosoft (u.å.) kan aktörer snabbt bilda en avancerad kalkyl som bidrar till större chans att skapa korrekta kostnadsuppskattningar i kalkylsskedet. I denna kalkyl kan arbetarna lägga in information om olika material, mängd material, priser på material men även olika arbetsmoment och kostnaden på arbetsmomentet där tiden och arbetarna är inkluderade. Bidcon bidrar till att hindra förseningar och andra risker i projektet. Elecosoft (u.å.) nämner även att information på material och annat från tidigare projekt kan återanvändas till nya projekt, exempelvis kan dimensioner från materialet eller kostnaden återanvändas till det nya projektet.

I byggprojekt behövs både kvalitet men även kollisionskontroller och Holm och Wallgren (2013) berättar mer om NavisWorks Manage. Forskaren påpekar att ett av samordningsverktygen som även används för kvalitet och kollisionskontroller är Autodesk Navisworks Manage. Själva kvalitets- och kollisionskontrollerna genomförs genom en funktion kallad för Clash Detective påpekar författaren under projekteringsfasen kan geometriska konflikter som exempelvis kollisioner mellan en byggdel och installationsdelar, identifieras tidigt. Navisworks Manage erbjuder många andra funktioner som till exempel visualisering, mätning, notering och rapportering, detta bidrar till samgranskning och kommunikation mellan olika parter, nämner författaren. Det finns också energianalysprogram.

För energianalyser används en mjukvaruplattform relaterad till BIM, plattformen heter OpenStudio. Det är möjligt att skicka IFC-filer till OpenStudio där informationen kan användas för simulering och energianalyser för att undersöka byggnadens energiprestanda (Ramaji et al. 2016). IFC-filen används som en informationskälla och OpenStudio tar bara den viktiga informationen som till exempel rum och materialegenskaper för att göra en energi simuleringsmodell utan att inkludera orelevant information som till exempel möbler för simuleringen. Forskaren presenterar OpenStudio samt att BIM-verktyget öppnar nya möjligheter som exempelvis energiberäkningar, vilket ger projektörerna syn på projektets energiprestanda.



Figur 3.2.1: Ett exempel på BIM-flöde under projektering, ritad på google presentation, egen ritning, inspiration tagen från Al-Raqeb och Ghaffar. (2025)

3.3 Organisatoriska och processrelaterade aspekter av BIM

BIM handlar om flera olika aspekter och är inte bara ett verktyg eller en lösning, men det är också ett arbetssätt som inkluderar fler delar, som till exempel organisation, roller men även som en process. För att BIM ska fungera effektivt är organisatorisk interoperabilitet en viktig del av interoperabiliteten.

Enligt Shehzad et al. (2021) är den organisatoriska nivån för BIM-interoperabilitet relevant, eftersom den är relaterad till mänskliga aspekter, och de mänskliga aspekterna som arbetsrutiner och samordning mellan projektörer påverkar BIM interoperabilitet och mänskliga aspekter innebär arbetsrutiner, samarbete och ansvarsuppdelening. Dessa aspekter är betydande för BIMs effektivitet.

Jansson (2009) visar att flera discipliner i praktiken arbetar med projekteringsprocessen samtidigt vilket betyder att det är extra viktigt att det är bra samordning och informationsutbyte. Dessutom nämner Nayoli och Pinto Dias dos Santos (2018) att användningen av BIM i projekteringsfasen är beroende av kollektiv arbetsrätt och strukturering av data, alltså hur projektörer arbetar vilka rutiner de använder samt samarbetet mellan projektörerna.

Den traditionella arbetssätten är att genomföra informationsutbyten via ritningar eller dokument mellan olika discipliner, men med hjälp av BIM är arbetsprocessen integrerad där flera aktörer kan arbeta med samma modell samtidigt. Dålig samordning mellan projektörer leder till att BIM-modeller används på olika sätt samt

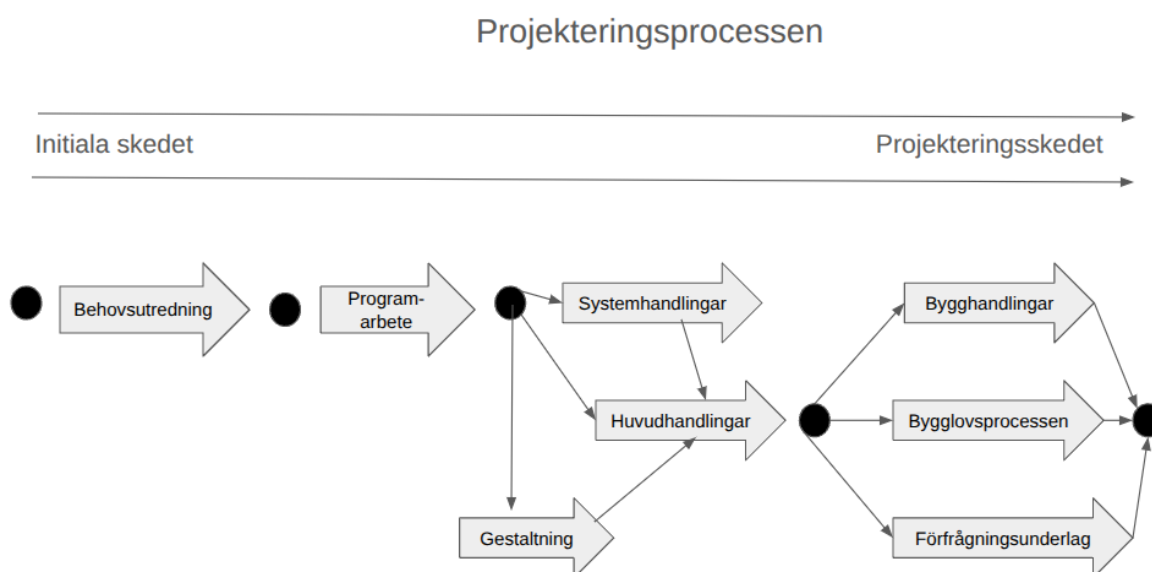
att modellerna innehåller ologisk information vilket leder till dålig integration mellan systemet.

3.4 BIM i praktiken under projekteringsprocessen

Jansson (2009) beskriver projekteringsprocessen på Lindbäcks (fastighetsföretag), och hävdar att projekteringsprocessen är som en processororienterad och parallell arbetsprocess, där personalen arbetar med flera byggprojekt samtidigt. Processen börjar med att projektet överförs från försäljningen till projekteringen. Projektledaren ansvarar för uppdelningen av projektet såsom bygg, installationer och volymprojektering mellan olika discipliner. Forskaren förklarar att hur effektivt arbetet är, är beroende av bra koordinering, standardiserade arbetsrutiner men även fungerande informationshantering mellan olika aktörer. Författaren nämner att BIM kan användas för modellering och visualisering i praktiken.

Enligt Nayoli och Pinto Dias dos Santos (2018) är BIM i projekteringsfasen främst som verktyg för olika saker som till exempel samordning, visualisering och information och datautbyte mellan discipliner. 3D-modellering öppnar många möjligheter, som exempelvis kontroll av projekthandlingar av projektörer.

Forskaren presenterar att det är vanligt att BIM-verktyg används som en kollisionskontroll som identifierar problem som uppstår tidigt under projekteringsfasen. En kollisionskontroll kan exempelvis identifiera om ett installationsrör krockar med en konstruktion, och det är viktigt för aktörerna eftersom de kan komplettera tidigt under projekteringsfasen, vilket leder till tids och ekonomi besparingar. Författaren nämner att dålig samordning kan möjligtvis leda till dåligt effektivt arbete i verkligheten, och att bra arbetsform samt gemensamma strukturer av information är avgörande för att BIM ska bidra med sina fördelar.

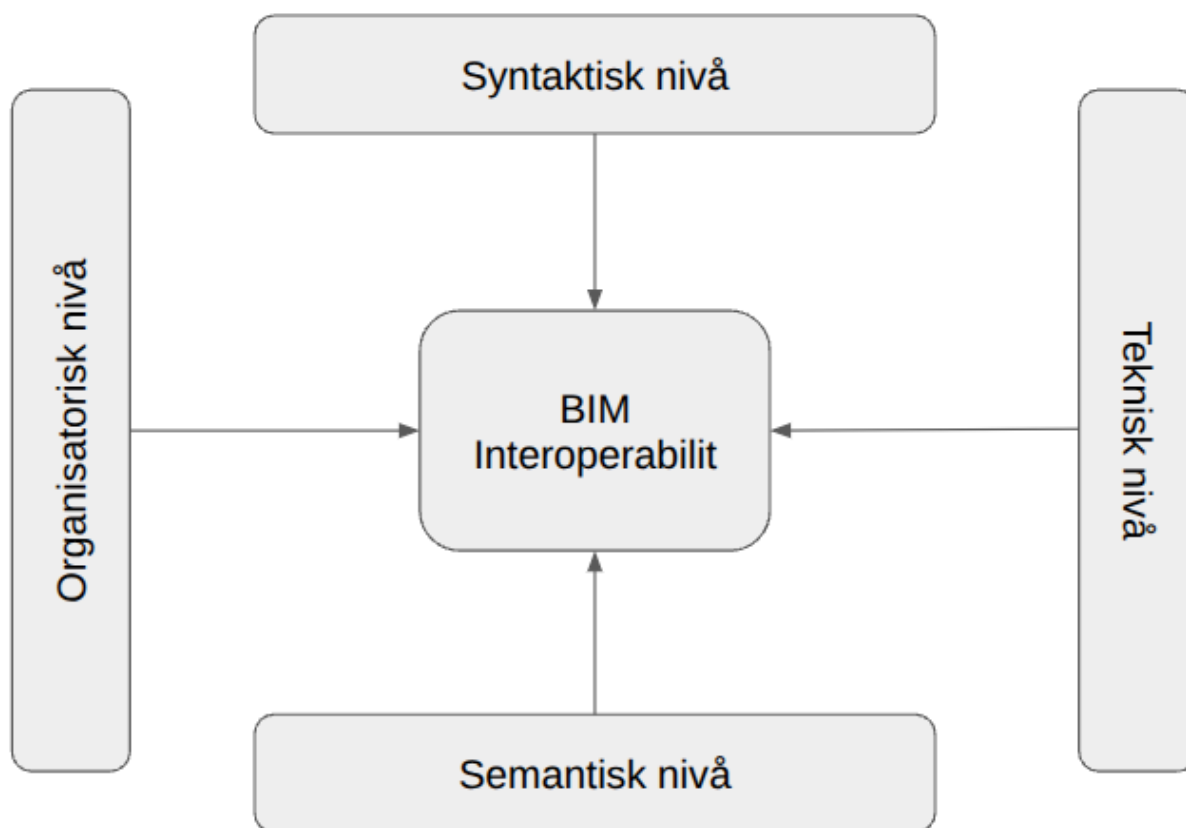


Figur 3.4.1 : Projekteringsprocessens framhållning till Byggprocessen, ritad på Google presentation, egen ritning, inspiration tagen från Hansson et al. (2021).

3.5 Interoperabilitet inom BIM

BIM-interoperabilitet är programmens förmåga att överföra och tolka information mellan olika program. Enligt Shehzad et al. (2021) finns det fyra nivåer av interoperabilitet, dessa nivåer är teknisk, syntaktisk, semantisk och organisatorisk interoperabilitet. Uppstår det problem på någon av dessa fyra nivåer kan det leda till att information och data inte överförs korrekt eller att de digitala modellerna måste korrigeras om efter import. Alltså BIM-interoperabilitet är inte enbart att BIM-modeller ska överföras men det är även att information ska beskrivs samt användas korrekt mellan BIM-program.

Porsani et al. (2021) visar att det är särskilt vanligt att det uppstår problem med semantisk och syntaktisk interoperabilitet när digitala modeller överförs från BIM-program till analysprogram till exempel för energisimulering. När detta händer behövs manuella anpassningar vilket leder till felaktig geometrisk representation och saknade objekt. Tchouanguem Djuedja et al. (2019) identifierar liknande hinder, de påpekar att dålig interoperabilitet återstår trots standardiseringsinsatser och påverkar fel aspekter av projekteringskedjan.



Figur 3.5.1: BIM Interoperabilitet, inspiration tagen från Shehzad et al. (2021)

3.5.1 Teknisk interoperabilitet

Teknisk interoperabilitet är en nivå av interoperabilitet som handlar om grundläggande funktionerna vid överföringar av data och information mellan olika system, som t.ex filformat, export och import funktioner och även teknisk hjälp för standarder som IFC. Enligt Shehzad et al. (2021) är teknisk interoperabilitet BIM-programmens förmåga att genomföra överföringar korrekt och detta omfattar aspekter som analysering och formulering av information som genomförs av BIM-programmen. Ett problem med teknisk interoperabilitet är att ibland kan BIM-filer fortfarande överföras även om själva BIM-filen inte är korrekt om det inte finns godkända mekanismer (Lee et al. 2015). Författaren nämner tekniska utmaningar som exempelvis ofullständiga BIM-modeller och att modeller inte kan öppnas av mottagaren.

3.5.2 Syntaktisk interoperabilitet

Författarna Shehzad et al. (2021) beskriver syntaktisk interoperabilitet som följande, det är hur BIM-programmen hanterar strukturering och organisering av information i ett format. Forskaren förklarar att två program kan strukturera objekt och attribut på olika sätt även om de använder samma standard, detta leder till att data inte är korrekt placerad vid import. Steel et al. (2012) förklarar redan i 2012 varför detta problem uppstår även om de olika programmen använder samma standard. Författarna påpekar att det är vanligt att hända där de olika programmen implementerar standarden på olika sätt vid IFC-överföringar, vilket leder till flera problem. Objekt kan placeras på fel nivå, viktig attribut kan saknas eller tolkas som strukturell fel i modellen i mottagarens program.

3.5.3 Semantisk interoperabilitet

En annan typ av interoperabilitet är semantisk interoperabilitet, vilket syftar på BIM-verktygs utförandeform att uppfatta objekt och kännetecken (Shehzad et al. 2021). En viktig aspekt för BIM-interoperabilitet är hur BIM-verktygen analyserar projekt. Om BIM verktygen inte analyserar projektet korrekt uppstår det interoperabilitetsproblem hos BIM, berättar forskaren. Det sker misstolkningar för endast geometriska och termiska funktioner i energianalys program när BIM-modellen inte klarar av energianalys verktygets krav på semantisk interoperabilitet.

3.5.4 Organisatorisk interoperabilitet

Organisatorisk interoperabilitet inriktar sig på olika saker som till exempel hur processerna, rollerna och rutinerna ser ut för arbetet, vilket är viktigt för effektiviteten hos BIM. Andra interoperabilitets nivåer, som teknisk, syntaktisk och semantisk kan fungera utmärkt men om arbetsprocesserna och rollfördelningen är dålig påverkar det BIMs effektivitet negativt (Shehzad et al. 2021). Enligt Tchouanguem Djuedja et al.

(2019) finns det nackdelar om projektör inte arbetar med korrekt arbetssätt, som exempelvis att BIM-modellen inte är fullständig eller om modellen innehåller felaktig information. Arbetssätt omfattar rutiner, användning av samma standarder och kontrollrutiner av projektörerna.

3.6 Industry Foundation Classes (IFC) och andra standardiserade format

BIM-interoperabilitet under hela projektets helhet kan stödjas av flera standarder som till exempel ISO 19650, IFC, BCF och CoClass. IFC är en öppen standard, syftet med denna standard är att möjliggöra utbyte av data och information mellan olika BIM-program. Steel et al. (2012) beskriver IFC annorlunda, de beskriver IFC som en neutral datamodell med syfte att skapa en gemensam struktur för hur byggnadsdata och information organiseras. Enligt författaren används IFC-formatet olika för varje BIM-program samt att de inte tolkar IFC-formatet likadant vilket leder till ologiska överföringar.

Enligt Porsani et al. (2021) är energianalys programmen självständiga och ställer ytterligare krav på BIM-modellen. Energianalys programmen kräver specifik projektering även om IFC-formatet är integrerat. Sedan blir det problem när IFC information är basen för informationssökning (Gao et al. 2015). Detta sker på grund av två anledningar nämner författaren. Första anledningen är begränsad träffsäkerhet orsakad av semantiska ändringar mellan olika BIM-verktyg, den andra anledningen på grund av att modeller potentiellt inte kan analyseras rätt.

Standarden BIM Collaboration Format (BCF) har en unik aspekt där modellen inte behöver överföras för att projektörerna ska kunna kommunicera och samarbeta. Van Berlo och Krijnen (2014) förklarar att formatet kan göra det möjligt för projektdeltagare att utbyta information om specifika problem, som till exempel kommentarer och ändringar kopplade till själva modellen med hjälp av att referera till modellens identifierare, med beskrivningar och visuella vyer.

Enligt Van Berlo och Krijnen (2014) är BCF användbar under projekteringsfasen. BCF bidrar till förbättrad interoperabilitet och effektivare samarbete om samordninginformation separeras ifrån modellinformation. Förutom dessa två internationella standarder finns det även svenska och nordiska tillägg som används som till exempel CoClass, som Bengtsson, (2022) berättar om fördjupat, som är kopplat till IFC.

CoClass är som då är kopplat till IFC är ett svenskt klassifikationssystem och har ett syfte för att skapa en enhetlig struktur för byggnadsinformation under hela livscykeln. Enligt Bengtsson (2022) är CoClass ett klassificerings format där aspekter som exempelvis byggnadsverk, system och komponenter kan klassificeras konsekvent. Enligt författaren medverkar CoClass till att förbättra interoperabiliteten då CoClass

möjliggör ett gemensamt informationsspråk för de olika aktörerna och digitala systemen. Med hjälp av standardiserad klassificering kan information och data utbytas mellan olika BIM-modeller och förvaltningssystem med mindre sannolikhet för inkorrekta tolkningar.

Abanda et al. (2025) presenterar att ISO 19650 är en internationell standard för informationshantering i BIM relaterade arbeten. ISO 19650 är en standard som skapar, delar och förvaltar information samt strukturering av dessa aspekter mellan projektörerna. ISO 19650 kan bidra till att stärka samordning och interoperabilitet specifikt under projekteringsfasen då flera arbetare projekterar parallellt, med hjälp av standardiserade informationsstruktur och användning av informationsmiljöer, presenterar.

3.7 Sammanfattning av utmaningar med BIM-interoperabilitet i projekteringsfasen

BIM används mest under projekteringsfasen, och under projekteringsfasen behöver digitala modeller användas av flera analysverktyg där som har höga krav på data och informationskvalitet. Tchouanguem Djuedja et al. (2019) beskriver vilka problem kompatibilitet har, och upplyser att bristande kompatibilitet leder till att BIM-modellerna måste kompletteras för hand om modellerna ska kunna användas i andra BIM-program.

Enligt Porsani et al. (2021) påpekar att brist i interoperabilitet orsakar flera utmaningar angående geometri, rumsindelning samt objekt klassificering, författaren tillägger att dessa utmaningar uppstår vid överföringar mellan BIM-program och analysverktyg. Energianalys verktygen kommer inte att ha en korrekt version av BIM-modellen och kommer analysera fel och ge fel resultat.

Enligt Shehzad et al. (2021) finns det fyra nivåer av interoperabilitet, dessa nivåer är teknisk, syntaktisk, semantisk och organisatorisk interoperabilitet. Brister på dessa nivåer leder till utmaningar, tekniska utmaningar är programrelaterade, exempelvis filformat och programstöd. Syntaktiska utmaningar uppstår när BIM-programmen inte läser informationen korrekt, uppstår när projektörer inte modellerar korrekt angående struktur och format. Semantiska nivån handlar om tolkningen som genomförs av BIM-programmen. Den fjärde nivån, organisatoriska nivån är relaterad till projektörerna och dess förmåga att modellera korrekt, samt arbetsprocesser.

En av de mest vanliga anledningarna till interoperabilitetsproblem är olika BIM-verktyg använder semantisk delen på olika vis, även om verktygen använder enbart en interoperabilitets standard (Steel et al. 2012). Därefter är andra hinder för

interoperabilitet för BIM-användning i praktiken, dålig modellering och dålig standardisering (Tchouanguem Djuedja et al. 2019).

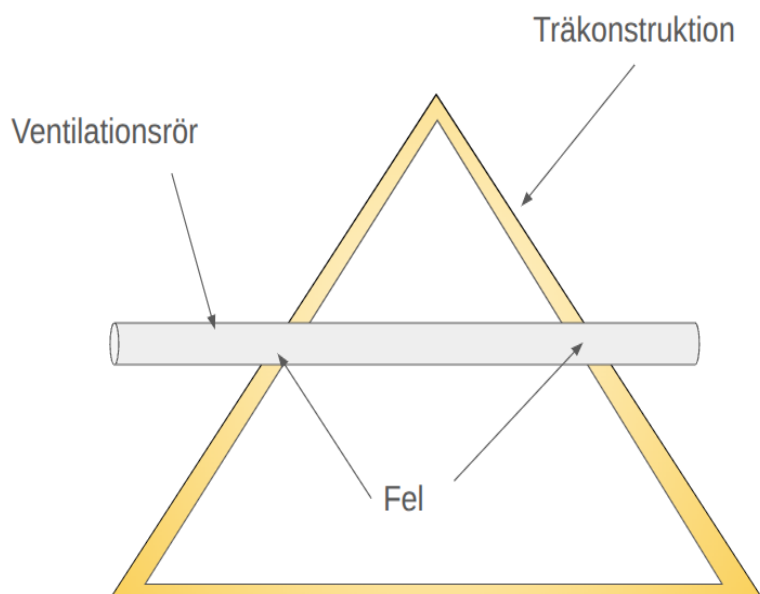
Enligt Lee et al. (2015) finns det många möjligheter med fungerande interoperabilitet exempelvis förbättrad datakvalitet och projektörer tar emot korrekta och fullständiga BIM-filer.

3.8 Sammanfattning av möjligheter med förbättrad BIM-interoperabilitet

Det finns en hög potential med fördelar med godkänd BIM-interoperabilitet inom byggsektorn. Enligt Lee et al. (2015) finns det många möjligheter med fungerande interoperabilitet. Förbättrad datakvalitet och korrekta samt fullständiga BIM-filer är några möjligheter. En annan möjlighet är ökad tillförlighet som minskar fel (Lee et al. 2015).

De potentiella möjligheterna av BIM Collaboration Format (BCF) visas av Vad Berlo och Krijnen (2014). De visar många fördelar med BCF men några av dem är att BCF kan påverka samordningen positivt men även kommunikation mellan aktörerna inom projektet, när det gäller kommunikation behövs själva filen inte vara delad för att kommunikationen ska fungera, detta leder till att chansen för missförstånd blir mindre och att samarbetet blir bättre. Interoperabiliteten kan även förbättras om klassifikationer som CoClass, det skapas ett allmänt BIM-verktyg språk (Bengtsson, 2020).

Navisworks Manage är ett samordnings verktyg som motverkar problem och möjliggör tidiga kompletteringar. Holm och Wallgren (2013) beskriver att Navisworks Manage kan identifiera kollisioner som sker i BIM-modellen, exempelvis om installationer kolliderar med andra byggdelar, kan de identifieras och kompletteras. Detta leder till mindre fel i senare skeden.



Figur 3.8.1: Exempel på kollision, ritad i google presentation, egen ritning

Tids- och kostnadsbesparingar är en fördel med god samordning. Nayoli och Pinto Dias dos Santos (2018) beskriver fördelen med tidig identifiering av utmaningar i projekteringsfasen, de påpekar att det minskar omarbeting i produktionen om utmaningarna korrigeras tidigt under projekteringsfasen.

För korrekt BIM-interoperabilitet bidrar implementering av standarder och öppna format till interoperabiliteten. Både Steel et al. (2012) och Lee et al. (2015) beskriver IFC standarden, de anger att IFC gör det möjligt att utföra informationsutbyten mellan olika BIM-verktyg och aktörer. Abanda et al. (2025) beskriver hur ISO 19650 bidrar, de påpekar att genom skapandet av strukturerade processer för informationshantering vilket stödjer den organisatoriska nivån av interoperabilitet.

När de kommer till bättre beslutsstöd i tidiga skeden av projektet, kan BIM hjälpa till, med hjälp av samordnade och informationsrika BIM-objekt kan de möjliga lösningarna analyseras innan aktörerna bestämmer ett beslut. Smirnov (2017) nämner att BIM relaterade verktyg ger bättre överblick än andra programvaror som till exempel CAD-program. Sedan påpekar Ramaji et al. (2016) att BIM även bidrar med mer avancerade analyser och simuleringar som energianalyser genom OpenStudio vilket presenterar byggnadens energiprestanda tidigt i projekteringen för aktörerna.

BIM och interoperabilitet bidrar även till med övergången av projektet från projekteringsfasen till produktionsfasen, med hjälp av samordnade modeller och klar informationsstruktur vilket gör det möjligt att projekteringsinformationen används i produktionen (Jansson, 2009). Författaren påpekar även att de behövs tydlig

arbetsflöde och samordning då är kritiskt om projekteringsresultatet ska användas i praktiken på ett effektivt vis.

BIM bidrar även med effektivare drift och förvaltning, enligt Bengtsson (2022) kan klassifikationssystem som CoClass göra det möjligt att överföra information till förvaltningssystem, med detta kan BIM-data användas under projektets senare skeden som exempelvis drift och underhåll.

4. Analys och Resultat

4.1 Resultat

Studien använde en tematisk analys för intervjuerna, med syfte att identifiera, analysera och presentera återkommande mönster som uppstår i den framtagna data (Braun och Clarke, 2006, citerad av Säfsten och Gustavsson, 2020). Det är som kodning där exempelvis flera olika meningar sägs och de inte är exakt samma men har samma betydelse kan de koderna tematiseras tillsammans.

Meningarna, koderna och teman presenteras i tabell, koder och teman.

4.2 Tematisk analys

Efter tematiska analysen slutfördes återstod tre teman (ursprungligen 11 teman), från 50 citat med varsin kod återstod tre teman, Erfarenheter och synpunkter för Överföringar och programvaror (11 citat), Hinder hos programvaror och kunskapsbrist hos aktörerna inom projekteringsprocessen inom projekteringsprocessen (17 citat), och Arbetssätt och Kravställningar (22 citat). Se tabell 4.2

Tema	Antal koder
Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	11
Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	17
Arbetssätt och Kravställningar	22

Tabell 4.2: Teman och antal koder de upprepas.

Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror

Temat Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror handlar om olika tankar om överföringar hos respondenterna, hur de ser ut nu hos de olika företagen och vilka problem och utmaningar som finns med interoperabilitet. Detta tema belyser problem och utmaningar som uppstår när olika BIM-program används inom samma projekt.

Flera respondenter nämner att det inte sker tillräckligt med överföringar och att dagliga överföringar är positivt för projekteringsprocessen, det möjliggör att projektörerna kan öppna de gamla filerna och se exempelvis vart det blivit fel, men om det inte sker dagliga överföringar är det svårare att se vart felet uppstod. Respondent 2 påpekar att vissa program inte är öppna för det öppna filformatet som exempelvis IFC, och detta motverkar kontinuerliga överföringar. Det är bra med

dagliga överföringar men det är även svårt med det då alla BIM-program inte är kapabla till det öppna filformatet. Respondent 5 upplyser en metod som de använder under projekteringen, konverteringar från rwt-fil till pln-fil, med denna metod överförs BIM-filerna korrekt.

Vidare påpekar respondent 2 att när informationsutbytet fungerar bra ur tekniska perspektiv uppstår begränsningar kring informationen efter överföringen. Respondent 2 uttalar att aktörerna inte kan modellera i ett program sen överföra till ett annat program och modeller 100%, vilket betyder att det uppstår informationsförluster och problem efter överföringen. Respondent 1 lyfter fram vikten av koordinat inställningar och att det leder till ofullständiga överföringar, vilket skapar problem vid överföringar.

Hinder hos programvaror och kunskapsbrist hos aktörerna inom projekteringsprocessen

Temat Hinder hos programvaror och kunskapsbrist hos aktörerna inom projekteringsprocessen handlar om de hinder som finns, och även hur projekteringsprocessen påverkas. Temat belyser problem och utmaningar som uppstår när olika BIM-program används inom samma projekt samt hur bristande interoperabilitet påverkar informationsflödet och kvaliteten i byggprocessen.

Respondenterna upprepar kunskapsbrist aspekten, och att det är ett problem hos den mänskliga faktorn. Respondent 2 påpekar att det inte uppstår problem vid överföringar när projektörer har kunskapen att modellera korrekt. De fel som uppstår vid överföringar kan undvikas om modellen modelleras korrekt. BIM-programmen är tillräckligt bra, de behöver inte vara bättre för att ha felfria överföringar. Respondenterna påpekar att människorna kan möjliggöra att det blir felfria överföringar med hjälp av korrekt modellering. Respondent 5 uttalar "Det största hindret vid överföringar är den mänskliga faktorn, men det är också den som ofta räddar det". Ett annat hinder enligt respondent 5 är att alla inte modellerar i samma programvara, interoperabilitetsproblem kunde undvikits om alla projektörer använde samma program. Inkonsekvent data definition är också ett hinder, ett exempel är att olika konsulter definierar höjder på olika sätt, vilket leder till problem i senare skeden.

Kunskapsbristen handlar om flera aspekter, det handlar om programvaran men dessutom hur BIM-modeller används. Respondent 2 påpekar att projektörer inte vet hur BIM-modellering genomförs korrekt och att de enbart har kunskapen för 2D-modellering. Respondent 3 påpekar att tolkning av information inte är överensstämmande mellan aktörer, exempelvis höjder, en arkitekt och en konstruktör utgår inte från samma utgångsläge. Detta är ett semantiskt problem, och inte ett tekniskt. Respondent 3 påpekar att aktörernas kommunikation har en stor påverkan,

kommunicerar de bra, kan problem lösas snabbt, är det dålig kommunikation kan problemet försämrats och svårare.

Hinder och utmaningar kring BIM-interoperabilitet har olika påverkan på byggprocessen, det kan vara mindre påverkan som till exempel att projektörerna blir frustrerade, nämner respondent 1. Det finns allvarligare påverkan på byggprocessen som är ekonomisk men också juridisk. Respondent 5 påpekar att om bygget står i en dag kan det kosta upp till 10% av budgeten, detta är ett resultat som kommer från dålig interoperabilitet. Respondent 5 nämner även att det kan bli brott mot avtal, om bygget är försenat eller liknande vilket leder till stämningsfrågor eller andra juridiska involveringar.

Arbetssätt och kravställningar

Temat Arbetssätt och kravställningar handlar om rutiner, riktlinjer, standarder, instruktioner och kravställningar som projektörerna använder sig av för att förbättra interoperabilitet och projekteringsprocessen i helhet. Detta tema belyser standardiseringens roll för ett effektivt BIM-arbete och vilka strategier och lösningar som finns för att förbättra interoperabiliteten mellan BIM-program. Detta tema har flest koder vilket ger temat en större tyngd eftersom respondenterna hade många tankar kring detta.

Projektörerna blir tilldelade otydliga kravställningar, vilket missleder projektörerna och skapar utmaningar. Respondent 3 säger "De hinder som uppstår uppstår oftast för att det är en otydlig kravställning, det är en otydlig informationskrav" vilket skapar en bild på betydelsen av tydliga kravställningar, detta är en mänsklig faktor som påverkar interoperabiliteten och inte en digital faktor. Förutom otydlig kravställning finns det även oviktig kravställning från entreprenörerna, respondent 3 nämner att det finns oviktiga kravställningar som hindrar projektörerna att jobba med interoperabilitet, respondenten nämner att entreprenörer tidigare har krävt att alla projektörer måste arbeta i Revit, och fokuset blir mer hur ska det projekteras inte vad ska projekteras. Denna tankesätt hindrar användning av BIM-interoperabilitet.

Respondenterna nämner även de arbetssätt som projektörerna använder har en stor påverkan på om det uppstår hinder eller inte. En stor del av BIM-interoperabilitetsproblem kan undvikas med hjälp av korrekt arbetssätt och respondenterna gav olika tankar kring vilka arbetssätt de har. Respondent 2 påpekar att de ger de projektörerna start-utbildningar för ett program för att lära ut hur det ska modelleras korrekt. Respondent 3 nämner att ett viktigt rutin som hindrar att problem uppstår är möten där projektörerna presenterade vad ska levereras, vad varje disciplin ska göra och vad varje disciplin behövde för att göra det. Sedan påpekar respondent 3 även att om alla aktörer använde riktlinjer som BEAst (det är en affärsstandard) kunde 90% av alla utmaningar undvikas. Detta visar att problem för interoperabilitet kan undvikas till stor grad med rätt arbetssätt och tydliga kravställningar,

BIM-programmen i sig behöver inte vara “perfekta”, men med rätt arbetssätt och kravställningar kan projektörerna arbeta runt programmens brister. Respondent 5 nämner nya metoder som bidrar till bättre interoperabilitet, överföringar från ArchiCAD till Revit ger problem, men respondent 5 nämner AI-verktyg och applikationer där ArchiCAD-filen kan “skriptas” om till en Revit-fil vilket inte bildar problem i filen. För korrekta och fullständiga överföringar behöver inte alla faktorer vara “perfekta” men det är tillräckligt om bara BIM-interoperabilitet är “perfekt” eller att projektörerna är tillräckligt kunskapsrika att undvika utmaningar.

5. Analys och Diskussion

5.1 Problem och utmaningar som uppstår när olika BIM-program används i samma projekt

Resultatet visar att både tidigare forskning och intervjuaren påstår att det uppstår problem vid användning av flera BIM-program samtidigt. Informationsförluster är ett problem som nämns av både litteraturstudien och intervjuerna. Respondenterna beskriver att information ofta försvinner eller ändras på vid överföringar. Porsani et al. (2021) och Steel et al. (2012) beskriver IFC hos program och att de implementeras på olika sätt vilket resulterar i informationsförluster.

Enligt Shehzad et al. (2021) finns det fyra nivåer av interoperabilitet, dessa nivåer är. Brister på dessa nivåer leder till utmaningar, tekniska utmaningar är programrelaterade, exempelvis filformat och programstöd. Syntaktiska utmaningar uppstår när BIM-programmen inte läser informationen korrekt, uppstår när projektörer inte modellerar korrekt angående struktur och format. Semantiska nivån handlar om tolkningen som genomförs av BIM-programmen. Den fjärde nivån, organisatoriska nivån är relaterad till projektörerna och dess förmåga att modellera korrekt, samt arbetsprocesser. Intervjuerna visar också att problem inte enbart uppstår på den tekniska nivån utan även de andra nivåerna, respondent 3 presenterar att olika aktörer tolkar höjder på olika sätt vilket är problem på den organisatoriska nivån. Forskaren påpekar att detta är ett semantiskt problem eftersom information inte tolkas likadant av BIM-program och aktörer.

Tidigare forskning berättar att vid överföringar tolkar inte BIM-program överföringarna likadant, detta sker eftersom BIM-programmen använder sina egna datastrukturer. Detta påverkar flera aspekter, att BIM-program har egna datastrukturer är en nackdel, både Lee et al. (2015) och Porsani et al. (2021) påpekar att det resulterar i informationsförluster. Steel et al. (2012) representerar att problemen inte kan undvikas helt även om disciplinerna använder sig av IFC och andra standardiserade format, på grund av att programmen använder formaten olika, systemen tolkar informationen olika. Tchouanguem Djuedja et al. (2019) lyfter fram den organisatoriska aspekten och dess roll för interoperabilitet, de nämner att brist i arbetssätt, standardiserade BIM-projekt och otydliga informationskrav samverkar i större interoperabilitetsproblem.

Respondenterna uttalar flera utmaningar med BIM-interoperabilitet. Respondent 2 påpekar att vissa program inte är öppna för det öppna filformatet som exempelvis IFC, vilket motverkar kontinuerliga överföringar. Respondent 2 uttalar en annan utmaning att aktörerna inte kan modellera i ett program sen överföra till ett annat program och modeller 100%, vilket betyder att det uppstår informationsförluster och problem efter överföringen.

5.2 Hur bristande interoperabilitet påverkar informationsflödet och kvaliteten i byggprocessen

För att BIM-relaterade projekt ska fungera behövs ett bra informationsflöde, utan bra informationsflöde uppstår problem och utmaningar som är både enkla att lösa men även svåra. Lee et al. (2015) uttalar en viktig aspekt hos BIM-program, en aspekt som möjliggör informationsanvändning under flera skeden av projektet men denna aspekt hindras av dålig interoperabilitet. Författarna Lee et al. (2015) och Porsani et al. (2021) visar att det sker informationsförluster vid överföringar, mest under projekteringsfasen, exempel på påverkan är felaktig eller ofullständig information vid överföringar, eller ökar sannolikheten att det blir fel vid projektering och produktion. Respondent 5 påpekar att konsekvenser med interoperabilitetsproblem som exempelvis extra kostnader. Nayoli och Pinto Dias dos Santos (2018) håller med respondent 5 om extra kostnader, och lägger till att det även blir mindre effektivt arbete.

Därefter presenterar respondenterna ytterligare aspekter. Flera negativa aspekter nämns i intervjuerna som exempelvis att sent identifierade utmaningar leder till större förluster som exempelvis tids- och budgetsförluster. En dags försening kan leda till 10% av hela budgeten, nämner en respondent, detta beror på förseningar, produktionsstopp eller ytterligare kompletteringar, respondenterna bekräftar forskningens påståenden, men respondenterna lägger till att det bli juridiska problem, och brott mot avtal. En mindre påverkan är den mänskliga aspekten och att utmaningar resulterar i mindre effektivt arbete på grund av den känsliga aspekten.

5.3 Standardiseringens (t.ex. IFC-format, nationella riktlinjer) roll för ett effektivt BIM-arbete

Standardiseringen är en central roll för BIM-interoperabilitet och har förbättrat interoperabiliteten. Både Steel et al. (2012) och Lee et al. (2015) beskriver IFC standarden, de anger att IFC gör det möjligt att utföra informationsutbyten mellan olika BIM-verktyg och aktörer. Med öppna format har projektörer ett bredare urval av program de kan använda. Öppna standarder i sig är inte tillräckligt för interoperabilitet, Tchouanguem Djuedja et al. (2019) påpekar att olika BIM-program implementerar öppna standarder olika och vilket skapar ytterligare problem för aktörerna. Han påpekar att interoperabiliteten förbättras. IFC presenteras av både litteraturstudien och intervjuerna som en viktig aspekt för överföringar. IFC fungerar inte perfekt hela tiden, på grund av BIM-programmens implementering av IFC. Steel et al. (2012) påpekar att detta problem har mest betydelse för BIM interoperabilitet.

Respondenterna medför ytterligare aspekter. En aspekt är tydliga kravställningar och riktlinjer, projektörerna arbetar korrekt och effektivare när de blir tilldelade tydliga kravställningar samt att överföringarna är korrekta och fullständiga. En annan aspekt med standarder är att standarder ska implementeras till projektets behov för mest fördelar, olika standarder används till olika aspekter vilket ger korrekt standard en betydelse. Kravställningen satt på oviktiga aspekter såsom att aktörerna måste projektera med en viss programvara och nackdelar nämner respondenterna, såsom att krav på användning av specifika programvaror hindrar flexibilitet samt hindrar användningen av interoperabilitet.

5.4 Strategier och lösningar som används för att förbättra interoperabilitet mellan BIM-program

Interoperabilitet kan förbättras med flera olika strategier, den tidigare forskningen framställer flera, och respondenterna framställer mänskliga strategier. Enligt Shehzad et al. (2021) är det nödvändigt för den tekniska nivån att vara fungerande men författarna påpekar att de syntaktiska, semantiska och organisatoriska nivåerna också behöver fungera för att uppnå fungerande BIM-interoperabilitet, och respondenterna bekräftar detta med att upplysa den mänskliga aspektens vikt. Van Berlo och Krijnen (2014) uttalar en annan strategi för fungerande BIM-interoperabilitet, författarna berättar om BCF som en användbar standard och lösning som bidrar med kommunikation och samordning hos projektörer. Respondenterna bekräftar detta med att påpeka att kommunikation och samordning är en avgörande faktor för bättre interoperabilitet, vilket är en koppling mellan teorin och praktiken. Steel et al. (2012) beskriver en möjlighet att IFC kan förbättra överföringar mellan BIM-program och respondenterna beskriver att det fortfarande sker informationsförluster vid IFC överföringar.

Respondenterna medför praktiska strategier och lösningar som projektörer använder under projekteringsfasen. Respondenterna uttalar tydliga kravställningar och dess betydelse för BIM-interoperabilitet, de nämner att tydliga kravställningar från entreprenörer eller statligt håll är nödvändigt för projektörerna eftersom de arbetar effektivare och interoperabilitets anpassat vilket leder till mindre utmaningar. Start-bildningar är en strategi och en lösning på inkorrekta modelleringsmetoder, respondenterna påpekar att projektörer inte alltid har kunskapen för korrekt modelleringsmetoder och att start-utbildningar kan hindra utmaningar hos BIM-interoperabilitet. Respondenterna nämner även startmöten i tidiga skeden är en strategi, där projektörer blir tilldelade klargjorda instruktioner,

vem som ska göra vad, hur det ska göras, detta bidrar till att projektörer kan jobba efter BIM-interoperabilitet och effektivare. Konstanta överföringar mellan olika program är en viktig strategi där aktörerna överför konstant efter små modelleringsändringar där de tidigt kan identifiera och komplettera problem. AI-baserade verktyg framställs av respondenterna med flera fördelar, och med en stor potential i framtiden. Respondenterna använder AI som olika lösningar. Verktygen bidrar till interoperabilitet på flera delar, exempelvis som filkonvertering från exempelvis revit-format till CAD-format, vilket bidrar till interoperabiliteten.

5.5 Sammanfattning

Detta examensarbete tydliggör att fler faktorer än den tekniska aspekten är viktiga för BIM interoperabilitet, den organisatoriska och mänskliga faktorer har en betydande tyngd. Den tidigare forskningen och den empiriska studien har skilda åsikter där tidigare forskning upplyser även de tekniska nivåns betydelse men den empiriska studien upplyser den syntaktiska, semantiska och organisatoriska nivåerna och dess betydelse. Enligt den empiriska studien är alla nivåer nödvändiga, och att brister i en enskild nivå orsakar BIM-interoperabilitets utmaningar, fungerande BIM-program är viktiga men, arbetsprocesser, standarder, kompetensutveckling och tydliga kravställningar har en betydelse.

6. Slutsats

Syftet med studien var att undersöka olika aspekter av BIM-interoperabilitet, aspekter som dess utmaningar och hur de påverkar projekteringsprocessen, men även strategier som används av bland annat aktörerna för att förbättra interoperabiliteten hos BIM. Slutsatsen som dras av studien är att BIM-interoperabilitet påverkas av flera nivåer än enbart den tekniska nivån, den mänskliga faktorn har också en påverkan på BIM-interoperabilitet.

Vilka problem och utmaningar uppstår när olika BIM-program används i samma projekt?

Enligt studien är den största utmaningen inte BIM-programmen men den mänskliga faktorn, hur projektörer använder programmen har en betydelse, kunskapsbrist hos projektörerna är nödvändigt alltså att BIM-modellerna bör modelleras korrekt för att undvika problem, vilket betyder att om BIM-modellen inte är korrekt modellerad men allt relaterad till BIM-programmen är korrekt uppstår det fortfarande utmaningar. Andra utmaningar och problem är brister i interoperabilitets nivåerna, där brist i en av nivåerna leder till interoperabilitetsproblem. BIM-program tolkar inte BIM-filerna likadant, vilket är en utmaning, samt att BIM-program integrerar öppna format på olika sätt.

Hur påverkar bristande interoperabilitet, informationsflödet och kvaliteten i byggprocessen?

Informationsflödet och kvaliteten påverkas negativt vid bristande interoperabilitet. En påverkan är att informationsanvändning hindras vid bristande interoperabilitet, andra påverkan är att det uppstår informationsförluster, det sker felaktiga och ofullständiga överföringar vilket påverkar informationsflödet och kvaliteten. Respondenterna påpekar att tids- och ekonomiska förluster kan uppstå samt att en dags försening kan resultera i 10% av budgeten samt juridiska problem.

Vilken roll spelar standardisering (t.ex. IFC-format, nationella riktlinjer) för ett effektivt BIM-arbete?

Standardisering spelar stor roll för BIM-projektering, öppna format som IFC bidrar till informationsutbyte, BCF bidrar till samordning och kommunikation, ISO 19650 bidrar till att reglera arbets processer, roller och informationsflöden för arbetarna från projektering till förvaltningsfasen. Felaktiga och otydliga kravställningar till projektörerna är också en utmaning och som leder till ett negativt intryck på BIM-interoperabilitet. Med otydliga kravställningar uppstår problem vid överföringar samt att projektörerna missleds. Kravställningar som exempelvis att inte alla BIM-program får användas hindrar användning av BIM-interoperabilitet,

de är en säker metod men undviker användning av BIM-interoperabilitet vilket inte är rätt val.

Vilka strategier och lösningar finns för att förbättra interoperabilitet mellan BIM-program?

Det finns flertal strategier för fungerande BIM-interoperabilitet, exempelvis implementering av format, exempelvis IFC och BCF, BCF bidrar med kommunikation och samordning. Andra strategier är tydliga kravställningar från entreprenörer och statligt håll. Andra strategier för att BIM-interoperabiliteten ska fungera är korrekt arbetssätt hos aktörerna, korrekt arbetssätt leder till en minskad risk för att det ska uppstå utmaningar och hinder. Korrekt arbetssätt kan omfatta, start-utbildningar där projektörerna utbildas till korrekt modelleringsteknik, kommunikation genom projekterings helhet, startmöten för att identifiera vad som ska levereras och hur, eller regelbundna överföringar.

6.1 Framtida forskningsförslag

Denna studie bidrar till en fördjupad förståelse om BIM-interoperabilitet under projekteringsfasen, men framtida studier kan undersöka BIM interoperabilitet under senare skeden som exempelvis under produktion eller förvaltning, och hur interoperabiliteten ser ut där. Andra forskningsförslag är AI-verktyg och olika applikationer som bidrar till BIM-interoperabilitet, dock är det begränsat med forskning. AI-verktyg och applikationer togs upp av respondent fem, där respondenten beskrev användning av dessa verktyg för interoperabiliteten, en CAD-fil kan inte överföras till en Revit-fil men om man "scriptar" om Revit-filen till en CAD-fil går det att öppna i CAD-program. Detta var intressant och en undersökning i dessa verktyg samt nya verktyg inom BIM-interoperabilitet kan vara bra.

Referenslista

Abanda, F. H. Balu, B. Adukpo, S. E. & Akintola, A. (2025). *Decoding ISO 19650 Through Process Modelling for Information Management and stakeholder Communication in BIM Buildings*, 15(3), 431.

<https://doi.org/10.3390/buildings15030431>

Al-Raqeb, H. & Ghaffar, S.H. (2025). *The Role of BIM 6D and 7D in Enhancing Sustainable Construction Practices: A Qualitative Study*. *Technologies*, 13(2), 65.

<https://doi.org/10.3390/technologies13020065>

Autodesk hemsida

<https://www.autodesk.com/se/products/revit/overview>

Bengtsson, R (2022) *BIM i offentlig fastighetsförvaltning: En fallstudie om informationsbehov, nuvarande arbetsprocesser och CoClass* (Examensarbete, masterexamen) Kungliga Tekniska Högskola (KTH)

<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=6985&pid=diva2%3A1681480>

Dias dos Santos, P & Nayoli, H (2018) *Byggnadsinformationsmodellering (BIM) i praktiken: En Studie av BIM i praktiken hos Peab Bygg Öst 1* (Examensarbete, högskoleexamen). Mälardalens högskola.

<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=6985&pid=diva2%3A1216424>

Elecosoft (u.å.)

<https://elecosoft.com/se/programvaror/bidcon/#mer>

Ge Gao, Yu-Shen Liu, Meng Wang, Ming Gu, Jun-Hai Yong (2015) *A query expansion method for retrieving online BIM resources based on Industry Foundation Classes*, *Automation in Construction*, 56, 14-25

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.006>

Hansson, B. Olander, S. Landin, A. Aulin, R. Persson, U (2021) *Byggledning Projektering 2:a uppl.*

Holm, D. Wallberg, J (2013). *Kvalitets-och kollisionskontroller i BIM-projekt: En analytisk jämförelse mellan programvarorna Autodesk NavisWorks Manage, Solibri Model Checker och Tekla BIMsight* (Examensarbete, högskoleexamen). Kungliga Tekniska högskola (KTH)

<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A643470&dswid=8901>

Issa J. Ramaji, John I. Messner and Robert M. Leicht (2016) *Leveraging Building Information Models in IFC to perform energy analysis in Openstudio*. I ASHRAE and IBPSA-USA SimBuild 2016. Building Performance Modeling Conference, Salt Lake City, UT, USA.

https://publications.ibpsa.org/proceedings/simbuild/2016/papers/simbuild2016_C033.pdf

Jansson, G (2009) *Kartläggning av projekteringsprocessen på Lindbäcks* (teknisk rapport). Luleå Tekniska universitet

<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=9702&pid=diva2%3A998453>

Kurzinski, S. Anderson, A. & Gomes, J. R. (2024) *Evaluating Students' Perceptions of Executing a Construction Lab Project Using Procore®*. I ASEE Annual Conference & Exposition. Portland, OR, USA.

https://www.researchgate.net/profile/Shaghayegh-Kurzinski/publication/382793863_Evaluating_Students'_Perceptions_of_Executing_a_Construction_Lab_Project_Using_ProcoreR/links/66abe47f2361f42f23abe036/Evaluating-Students-Perceptions-of-Executing-a-Construction-Lab-Project-Using-ProcoreR.pdf

Latiffi, A. A. Brahim, J. Mohd, S. & Fathi, M. S. (2015). *Building Information Modeling (BIM): Exploring Level of Development (LOD) in construction projects*. Applied Mechanics and Materials, 773-774, 993-937
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.933>

Lee, Y.-C. Eastman, C. M. & Lee, J.-K (2015). *Validations for ensuring the interoperability of data exchange of a building information model*. Automation in Construction 58, 176-195.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.010>

Nayoli och Pinto Dias dos Santos (2018). *Byggnadsinformationsmodellering (BIM) i praktiken: En studie av BIM i praktiken hos Peab Bygg Öst 1* (Examensarbete, Mälardalens högskola. DiVA.
<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-2038&pid=diva2%3A1216424>

Porsani G.B, Del Valle De Lersundi, K. Sanchez-Ostiz Gutierrez, A. Fernández Bandera, C. (2021). *Interoperability Between Building Information Modelling (BIM) and Building Energy Model (BEM)*. Appleid Sciences, 11(5), 2167.
<https://doi.org/10.3390/app11052167>

Shehzad, H. M. F. Ibrahim, R. B. Yusof, A. F. Khaidzir, K. A. M. Iqbal, M. & Razzaq, S. (2021). *The role of Interoperability dimensions in building information modelling*, Computers in Industry 129, 103444
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103444>

Säfsten, K. & Gustavsson, M. (2020). *Forskningsmetodik för ingenjörer och andra problemlösare*.

Smirnov, A. (2015) *The comparison of the architectural design softwares* (Examensarbete). Saimaan ammattikorkeakoulu (Samiaam University of Applied Sciences).
<https://www.theseus.fi/handle/10024/97878>

Steel, J. Drogemuller, R. & Toth, B. (2012). *Model interoperability in Building Information Modelling. Software and Systems Modeling*, 11(1), 99–109
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10270-010-0178-4>

Tchouanguem Djuedja, J. F. Karray, M. H. Kamsu Foguem, B. Magniont, C. & Abanda, F. H. (2019). *Interoperability Challenges in Building Information Modelling (BIM)*. I Enterprise Interoperability VIII (pp.275-282). Springer.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-13693-2_23

Tusnina, O. Alekseytsev, A (2023). *LOD of a Computational Numerical Model for Evaluating the Mechanical Safety of Steel Structures*. Buildings, 13(8), 1941.
<https://doi.org/10.3390/buildings13081941>

van Berlo, L. & Krijnen, T. (2014). *Using the BIM Collaboration Format in a server based workflow*. Procedia Environmental Sciences, 22, 325-332.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.11.031>

Zotkin, S. P. Ignatova, E. V. & Zotkina, I. A. (2016). *The Organization of Autodesk Revit Software Interaction with Applications for Structural Analysis*. Procedia Engineering. 153, 915-919.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.225>

Bilaga

Frågor som ställdes under intervjuerna till respondenterna:

1. Kan du beskriva din roll i projekteringsprocessen och din erfarenhet av BIM?
2. Hur använder du BIM-verktyg, vilka verktyg är det och i vilken ordning använder ni verktygen? (till exempel från modellering till energianalys till kostnadskalkyler)
3. Hur ofta överför ni BIM-filer mellan olika program?
4. Vid överföringar av BIM-filer, vilka utmaningar och hinder uppstår?
5. Har det hänt att det inte har uppstått hinder vid överföringar, och varför tror du det inte uppstod hinder just då?
6. Hur påverkas projekteringen när det uppstår utmaningar och hinder vid överföringar?
7. Kan du säga vilka utmaningar och hinder leder till störst problem och vilka som leder till minst problem?
8. Har ni rutiner, standarder och riktlinjer för att förbättra interoperabilitet?
9. Hur tror du framtiden för BIM interoperabilitet ser ut?

Citat från respondenter	Kod	Tema	Respondent
Under 3D samgranskning möten levererar projektörerna sina ifc:exporter från sina respektive program inför mötet där jag gör en kollisionsskontroll och går igenom det under mötet	Överföringar via IFC-format	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	1
Det enda jag kan komma på att problem uppstår i enstaka projekt är koordinatinställningar, att projektörerna flyttar manuellt sina underlag och får olika avstånd mot origo.	Koordinat-problem mellan modeller	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	1
om man är sen med ett tekniskt startmöte och granskning av projektörernas modeller innan de börjar rita upp byggnaden kan det uppstå lösningar och inställningar att få rätt på det	Bristande projektstart och samordning	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	1
Projektörerna blir frustrerade	Frustration	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	1
Många kan sina programvaror men de vet inte hur man ska modellera på korrekt sätt så att man kan leverera bra BIM-modeller.	Fel modelleringsmetoder	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	2
Det stora hindret är ju tyvärr	Bristande	Hinder hos programvara och	2

kunskap i de egna programvarorna	kompetens i BIM-program	kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	
Men sen är det också det att vissa programvaror är inte riktigt öppna för det öppna filformaten	Inte kapabla BIM-program	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	2
När det gäller kommunikation mellan olika programvaror, när det gäller 3D så är det kunskap	Dålig kommunikation mellan programvaror	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	2
det går inte att ha 100% i kommunikation eftersom alla programvaror är olika	Bristande kommunikation mellan programvaror	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	2
Så du kan inte rita i till exempel Revit och skicka till Archicad och sen fortsätta 100%.	Ofullständig modellöverföring	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	2
Alla måste jobba på samma sätt och det är ju tyvärr också ett problem när det gäller struktur	Behov likadan arbetsmetodik	Arbetsätt och Kravställningar	2
Speciellt när det gäller vånings struktur. Där har vi ett stort problem med Revit-användarna, tyvärr. För många har fått lära sig igen, de har fått lära sig fel sätt.	Felaktiga utbildningar	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	2
Tyvärr har vi många entreprenörer som krävställer att alla måste jobba i en specifik mjukvara.	Krav från entreprenörer	Arbetsätt och Kravställningar	2
Utan man tvingas jobba i en mjukvara och betala en massa pengar på något som man egentligen inte vill använda. Vilket också då gör att det oftast blir en mycket sämre kvalitet.	Resultaten på dåliga krav från entreprenörer	Arbetsätt och Kravställningar	2
men vi utbildar om vi gör så här, det här är metodiken, och vi förbereder så att alla som har Archicad får startfiler av oss.	Start-utbildningar	Arbetsätt och Kravställningar	2
Jag tror att nyckeln där var att i början på projektet så satte sig hela projektgruppen ner och gick igenom projektet. Vad det var som skulle levereras, vad varje disciplin förväntade sig och vad varje disciplin behövde för att kunna leverera det.	Tydliga leveransinstruktioner	Arbetsätt och Kravställningar	3

Min första fråga är varför vill ni ha en dwg? Jag kan skicka IFC istället så har ni 3D-informationen	IFC är bättre än andra filformat	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	3
Jag skulle gärna se att i vissa projekt skulle det vara fantastiskt att man skulle kunna synka varje dag	Möjligheter med synkroniserade modeller	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	3
Det hade varit jättebra om man i alla fall hade haft informationsutbyte varje dag	Behov av fler överföringar	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	3
Det är väldigt många som tycker att det är problematiskt att hantera olika programvaror	Svårt att hantera olika program	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	3
De hinder som uppstår uppstår oftast för att det är en otydlig kravställning, det är en otydlig informationskrav.	Otydlig kravställning	Arbetsätt och Kravställningar	3
Utmaningarna är att få projektgruppen att förstå alternativa arbetssätt och hindren uppstår oftast på grund av brister av förståelse och otydliga kravställningar.	Projektgruppens förståelse	Arbetsätt och Kravställningar	3
Det tog också fram en väldigt tydlig metodik där ingenting skulle skuggmodelleras om det gick att undvika.	Good arbetsmetodik	Arbetsätt och Kravställningar	3
I det här fallet var vi väldigt noggranna med att ta in de andra konsulternas underlag och aldrig skuggmodellera	Good arbetsmetodik	Arbetsätt och Kravställningar	3
Jag skulle säga att själva projekteringsprocessen påverkas för att man kanske använder ett felaktigt underlag eller att det finns brister i underlaget.	Felaktig underlag	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	3
Om projekteringsgruppen ser utmaningar och hinder som en blockering, då blir det jobbigt	Utmaningar som inte går att hoppa över	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	3
Ser man utmaningar och hinder som en fråga som behöver klargöras, då är det mycket lättare att komma förbi det.	Utmaningar som är enkla att lösa	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	3
så är det väldigt ofta en utmaning att alla definierar höjder på samma sätt.	Inkonsekvent datadefinition	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	3
När det gäller riktlinjer för att förbättra interoperabilitet så finns det ett antal intresseorganisationer som redan arbetar	BEAST riktlinjer som hjälper med utmaningar och	Arbetsätt och Kravställningar	3

med det, jag tänker på BEAST till exempel.	hinder		
Jag skulle säga att om alla projektörer följer den då har man eliminerat 90 procent av alla de utmaningar och hinder som man ofta stöter på i en projektering. (BEAST modelleringsanvisning)	Riktlinjer som kan lösa många utmaningar och hinder	Arbetsätt och Kravställningar	3
Att man i upphandlingar och liknande kravställer att man måste arbeta revit, jag tycker det är helt fel väg att gå. Då kravställer man inte det som ska levereras. Då kravställer man hur man ska göra det	kravställning att bara revit får användas	Arbetsätt och Kravställningar	3
Om man istället fokuserar på att om alla jobbar efter interoperabilitet då är grundtanken att vi ska få det att fungera. Då är det inte grundtanken att vi ska försöka få alla att jobba i samma verktyg.	Fokus satt på fel del	Arbetsätt och Kravställningar	3
utan tankesättet blir att alla ska jobba i olika verktyg. Om man har det som utgångspunkt, att alla måste jobba i olika verktyg, då tror jag att vi kan komma någonstans.	Bra utgångspunkt för att få god interoperabilitet	Arbetsätt och Kravställningar	3
Jag tror det viktigaste är styrande dokument vid projektering. Och att mjukvaro tillverkarna pratar med varandra för att ta fram verktyg som kommunicerar med varandra.	Styrande dokument	Arbetsätt och Kravställningar	4
Då sitter vi på otroligt kompetenta kollegor som har satt upp en process med en remote desktop. Som kommer in i alla de här modellerna. Sedan promptar han ut varje dag nya filer.	En process som gör dagliga överföringar	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	5
Stort är också kravställningar och specifikationer, är det inte kravställt ordentligt, då blir det ofta en vänlig styrning i vilken information ska med i de här BIM-modellerna eller BIM-filerna.	Resultat från dåliga kravställningar	Arbetsätt och Kravställningar	5
Den måste konvertera IFC i ett rwt-format för att kunna länka in den i sin fil. Den kan inte ta in IFC i en sån där. Den måste göra en konvertering.	Konvertera format innan överföring	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	5
Kollar man på Revit kan man inte ta in PLN som är archicad. Det kan man inte heller ta in Tekla. De har ingen kommunikation mellan programvarorna i sig.	Inte kapabel för överföringar på grund av brist i kommunikation	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	5
Det största hindret vid överföringar är den mänskliga faktorn. Men det är också den som ofta räddar det	Människor är hinder men även en lösning	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	5

då är det 90 procent av branschen, och hur branschen utvecklas är människorna igen.	Människor påverkar hur branschen utvecklas	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	5
Det kan nästan vara 10 procent av projekterings budgeten om det skulle vara att det står en dag.	Resultat från hinder	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	5
Det kan bli brott mot avtal. Det kan bli stämning frågor. Juridiska involveringar i det också.	Resultat från hinder och utmaningar	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	5
De största problemen är att det krävs felaktigt i våran bransch	Felaktig kravställning är största problemet	Arbetsätt och Kravställningar	5
Jag brukar säga att det största problemet är människorna man har att göra med när man jobbar med BIM, men det har mer att göra med att det inte krävs från bland annat statliga faktorer	Människor anklagas för saker som kravställning påverkar	Arbetsätt och Kravställningar	5
Och de största problemen är kravställning från ett statligt håll.	Kravställning från statligt håll	Arbetsätt och Kravställningar	5
Bland annat så jobbar vi just nu på att se över hur man kan ta in från ArchiCAD till Revit, och det blir renodlad Revit-fil. Då kan vi fixa det med skript och så där. I dagens fall har vi chat gpt och cloud-coding, vi har laptop-bot för att bygga upp dashboards.	Överföring från ArchiCAD till Revit	Arbetsätt och Kravställningar	5
Där är arkitekten ArchiCAD. Alla andra sitter i Revit. Enklast för oss är att kanske arkitekterna hade varit i Revit också och jobbat i Revit. Då kan man använda Autodesk's stängda system, ACC,	Önskemål av användning av samma program	Hinder hos programvara och kunskapsbrist hos aktörer inom projekteringsprocessen	5
En applikation som lyfter ut rum och objekten och fixar till allt det här, så att vi kan skapa det Revit-formatet från en PLN-fil.	Skapa Revit-format från PLN-fil	Arbetsätt och Kravställningar	5
Nu har vi så många AI-verktyg och motorer som kan göra det här åt oss som kan sakerna bättre än vad vi kan när man är gemena användare, så jag tror att det kommer komma något helt nytt utifrån sidan om.	Nya sätt att lösa problem med nya verktyg	Arbetsätt och Kravställningar	5
de här låsta formatera vi har idag tror jag kommer att försvinna så småningom. Att det kommer komma något helt nytt så bara	Öppna format	Erfarenheter och synpunkter för överföringar och programvaror	5

direkt kan köra det i IFC.			
----------------------------	--	--	--

Tabell Koder och teman: Tematisk analys med citat från respondenter