

BIM SOM STÖD FÖR MILJÖCERTIFIERING

EN FÖRSTUDIE

**Emil Andersson, Maria Franzén, Stefan Dehlin, Pernilla
Löfås, Max Bergström**

2015-11-05

FÖRORD

Projektet är initierat och genomfört av de tre bolagen NCC Construction Sverige AB, Peab Sverige AB och Skanska Sverige AB med stöd från FoU-Väst. Stort tack till Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) för ekonomiskt stöd som gjorde detta möjligt.

Huvudförfattarna består av Stefan Dehlin och Pernilla Löfås från NCC, Maria Franzén och Max Bergström från Peab samt Emil Andersson från Skanska.

Ett speciellt tack till referensgruppen som tålmodigt har stöttat oss med värdefull granskning av upplägg och färdigt material.

Vi skulle även vilja sända ett extra stort tack till gruppen Energi- och Miljö inom BIM Alliance med Jonny Hellman i spetsen som tog sig tid att stötta i planering och genomförandet av en workshop som delvis ligger till grund för denna förstudie.

Tack även till de flertalet examensarbetare som gruppen har varit i kontakt med, att se att kompetensgrunden inom de två områdena växa sig starkare bäddar för en framtid där BIM och hållbarhet blir starkt knutna till varandra.

Göteborg
2015-11-05

Maria Franzén, Stefan Dehlin, Pernilla Löfås, Max Bergström och Emil Andersson

SAMMANFATTNING

Detta projekt utgår ifrån BIM (Building information modelling) och hur det eventuellt skulle kunna användas som en viktig komponent för miljöcertifieringsprocessen enligt Miljöbyggnad. Att miljöcertifiera en byggnad ger en tredjepartsbedömning av hur miljömässigt hållbar denna är.

Förstudiens mål har varit att ta fram förslag på framtida utvecklingsområden som behöver bearbetas för att göra ovanstående kollaboration så optimal som möjligt.

Tekniska hinder inom området är framförallt kopplade till kommunikation av data mellan programvaror via öppna filformat men också brist på önskad funktionalitet, dels för att koppla egenskaper och funktion till specifika delar och också avseende beräkningar- och analyskapacitet

Även om det fortfarande kvarstår ovanstående tekniska problem för att fullt ut kunna använda BIM friktionsfritt i miljöbyggnadsarbetet så var den generella uppfattning under arbetets gång att det är framför allt brister i arbetsprocessen som gör att det i dagsläget är svårt att implementera BIM i miljöbyggnadsarbetet. Med en fungerande process skulle många av de tekniska lösningarna kunna övervinnas.

Dagens situation kring BIM och Miljöbyggnad kan konkretiseras ner till fyra större områden där förbättringspotential finns för en framtida kombination av BIM och Miljöcertifiering. Dessa områden har i detta arbete konkretiserats ner till:

- 1) Kunskapsnivå projektörer
- 2) Utveckling av programvaror och utbytesformat
- 3) BIM-manual för Miljöbyggnad
- 4) Affärsmodell för BIM som stöd i Miljöbyggnadsprocessen

INNEHÅLL

INLEDNING	5
SYFTE	5
METODIK	5
LITTERATURSTUDIE.....	5
WORKSHOP	5
REFERENSGRUPP.....	6
AVGRÄNSNINGAR	6
ANDRA STUDIER OCH INITIATIV	6
BIM	8
MILJÖCERTIFIERINGAR - INTRODUKTION	14
MILJÖBYGGNAD	14
RESULTAT OCH DISKUSSION	21
BIM I DAGSLÄGET	21
TEKNIK: MÖJLIGHETER OCH UTMANINGAR	27
PROCESSEN: HINDER ELLER MÖJLIGGÖRARE?.....	30
SLUTSATSER	32
LITTERATURFÖRTECKNING	34

INLEDNING

Det är idag fler och fler aktörer inom bygg- och fastighetsbranschen som väljer att arbeta med miljöcertifiering av byggnader. Att miljöcertifiera en byggnad ger en objektiv bedömning av hur miljömässigt hållbar denna är. Vägen dit är dock ofta snårig med många aktörer inblandade som tillsammans skall uppnå de av miljöcertifieringssystemet uppställda målen. En stor del av kostnaden för detta ligger i dagsläget på implementering av krav samt insamling och redovisning av en omfattande mängd data, något som ofta sker med en hög grad av handpåläggning, både från entreprenören och för konsulter. Genom en generell ökad användning av BIM (Building Information Modeling) kan arbetet med, och därmed kostnaden för, certifiering på sikt reduceras i omfattande storleksordning, något som skulle gynna både entreprenörer (i form av minskad arbetsinsats) och beställare (i form av minskade kostnader). Med det som bakgrund initierade NCC, Skanska och Peab tillsammans detta projekt.

SYFTE

Syftet med förstudien är att presentera en nulägesbild av aktuella förutsättningar för att använda BIM för att underlätta miljöcertifieringsprocessen – både tekniska som processmässiga – samt att ge förslag på vidare utredningar som är nödvändiga för att effektivisera processen för certifiering av byggnader enligt Miljöbyggnad med hjälp av BIM.

Nyttan av resultatet tillfaller främst entreprenören men även konsulter, beställare samt förvaltare. I förlängningen kan projektet även generera samhällsnytta genom en mer effektiv hållbar byggprocess.

METODIK

Projektets arbetsgrupp har bedrivit informationsinhämtande i form av litteraturstudier samt samtal och workshop med branschkollegor.

Litteraturstudie

Inhämtande av information för beskrivning av BIM respektive Miljöbyggnad, samt för delar av redogörelsen av nuläget gällande BIM som verktyg i Miljöbyggnadsprocessen har gjorts genom dialog samt intervjuer med branschkollegor och informationsinhämtning via hemsidor.

Workshop

För att konkretisera behov och samla in erfarenheter från branschen ur ett brett perspektiv anordnades en workshop med aktörer med kunskap inom både BIM och Miljöcertifiering. Resultatet från workshopen bidrog dels till beskrivningen av nuläget gällande BIM som verktyg i Miljöbyggnadsprocessen men också till kapitlet Slutsatser där framtida utvecklingsprojekt föreslås.

Workshopen ägde rum i Stockholm den 20:e maj följande personer inom BIM Alliance Miljö och Energi deltog:

- Jonny Hellman – BIM Alliance, Energi och Miljö

- Dermot Farrelly – White
- Robert Af Wetterstedt – WSP
- Ulrika Broman – Skolfastigheter i Stockholm AB
- Ivana Kildsgaard – LINK arkitektur
- Jan Anders Jönsson – Informationsbyggarna (Åkej AB)
- Emil Andersson – Skanska Sverige AB
- Maria Franzén – Peab Sverige AB
- Pernilla Löfås – NCC

Referensgrupp

Referensgruppen bestod av följande representanter:

- Jonny Hellman – BIM Alliance, Miljö och Energi
- Louise Ekeröth-Simons – Andreassons Arkitekter
- Peter Gipperth – HSB Göteborg
- Gabriella Jonsson - AEC
- Petra Bosch – Chalmers
- Pär Åhman – Sveriges Byggindustrier & FoU Väst
- Catarina Warfvinge – SGBC

AVGRÄNSNINGAR

Aktuellt projekt har valt att använda miljöcertifieringssystemet Miljöbyggnad som referenssystem för nybyggnation av hus på den svenska marknaden men ambitionen är att resultatet blir applicerbart för övriga certifieringssystem också. Projektet har främst inriktat sig på BIM-processen i tidiga skeden och under produktionsfasen.

ANDRA STUDIER OCH INITIATIV

Nedan presenteras studier och initiativ som kan vara av intresse för läsare som vill fördjupa sig mer inom området.

BIM Alliance Miljö och Energi

En intressentgrupp inom BIM Alliance som hanterar och driver frågor som berör miljö- och energiområdet. Gruppen ska skapa en plattform för att fånga upp den kunskap och erfarenhet som finns när det gäller energi- och miljöfrågor och se hur detta kan kopplas ihop med informationsmodeller och flöden. Gruppen ska också sprida information inom området så att fler aktörer får användning av kunskapen.

Examensarbete: Materialdokumentation inom BIM

Författare: Angelica Buszman och Caroline Canel, KTH, Stockholm 2014

Examensarbetet syftade till att utreda framtida möjligheter inom objektbaserad informationshantering inom området material. I arbetet utreddes hur loggboksarbetet i Miljöbyggnad kan effektiviseras och optimeras inom ramen för BIM. Arbetet utfördes med hjälp av enkätundersökningar och intervjuer och resulterade i förslag till möjliga effektiviseringar av loggboken med hjälp av BIM.

Examensarbete: Möjliga tillämpningar av BIM vid miljöcertifieringsarbete
Författare: Anna Widell, KTH, Stockholm 2013

Examensarbetet behandlar hur BIM kan tillämpas för att effektivisera arbetet med miljöcertifiering i projekt. Underlaget för arbetet baseras på intervjuer, litteraturstudier samt två fallstudier. Resultatet är en analys av möjligheter och hinder i BIM användningen.

Examensarbete: BIM för Hållbart Byggande
Författare: Jenny Engdahl och Madeleine Hedlund, Högskolan i Jönköping, Jönköping 2013

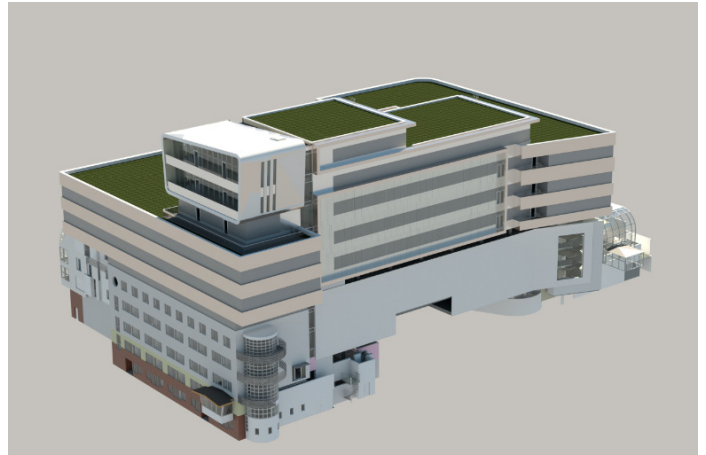
Syftet med detta examensarbete är att utreda vilka aspekter inom hållbart byggande som kan analyseras med hjälp av BIM och hur BIM kan bidra till hållbart byggande. Studien byggde på litteraturstudier kombinerat med intervjuer. I resultatet presenteras olika hållbarhetsaspekter utifrån alla de certifieringssystem som är aktuella i Sverige vid hållbart byggande kombinerat med förslag på BIM verktyg som kan användas vid arbetet hållbarhetsaspekterna.

Examensarbete: Användning av BIM vid miljöcertifiering
Författare: Sara Kettil och Ida Sveder, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 2015

Examensarbetet syftar till att utreda i vilken utsträckning och hur BIM används inom miljöcertifieringsprocessen i dag, och hur möjligheterna ser ut för ökad användning av dagens verktyg i framtiden. Examensarbetet byggde på litteraturstudie kombinerat med information inom branschen. Arbetet resulterade i en analys över svårigheter och hinder i arbetet med BIM i Miljöbyggnad.

BIM

BIM står för Building Information Modeling alternativt Building Information Management. BIM kallas även Virtual Design and Construction (Virtuellt byggande). BIM innebär att man använder sig av en objektsindelad 3D-modell med kopplad information. 3D-modellen och informationen skapas i en CAD-programvara för 3D-objektsbaserade byggnadsinformationsmodeller. En BIM-modell kan bestå av antingen en eller flera sådana modeller. Respektive disciplin i ett byggprojekt (arkitekt, konstruktör, prefabkonstruktör, installationsprojektör) skapar sina modeller i sina programvaror. BIM-modellerna kan sedan användas antingen som separata modeller eller att de olika modellerna slås ihop till en sammansatt BIM-modell. Med BIM-modellen som utgångspunkt kan sedan olika typer av programvaror som används under byggprocessen användas för att framförallt hämta men även lägga till information. BIM-modellen kan användas som stöd vid till exempel: kalkyl, planering, beredning, inköp, logistik, framtagande av försäljningsmaterial och analyser för energi, akustik mm. Allt beror på projektets behov och ambitionsnivå gällande BIM.



BIM-modell, NCC (1)

Den objektsindelade BIM-modellen är uppbyggd av byggdelar och komponenter. Det kan vara väggar, pelare, bjälklag, volymer, rör, elstegar med mera. Modellbaserad projektering innebär att BIM-modellen också kan användas för att producera ritningar. Helst ska alla ritningar genereras direkt från BIM-modellen och eftersom BIM-modellen är en 3D-modell med kopplad information innehåller den mycket mer än bara 3D-geometrin. Exempel på information i en BIM-modell är:

- Littera
- Beskrivning av byggdel
- Kodning
- Olika typer av status som t ex ny/befintlig byggdel
- Material, materialskikt
- Dimensioner och kvantiteter som t ex: tjocklek, area, volym
- Typ av fönster
- Typ av installationer
- Brandklass
- Ljudegenskaper

En BIM-modell används ofta för att visualisera projektet i 3D. Det är en effektiv metod för alla inblandade att snabbt skapa en tydlig och gemensam bild av byggprocessen och den färdiga byggnaden. Detta gör att förståelsen och inläringen av projektet ökar vilket gör att fler kan vara delaktiga och har möjlighet att påverka. Delaktigheten är en stor faktor

för att öka motivationen och engagemanget och därmed kvaliteten i det dagliga arbetet och på slutprodukten. Att samma modell också kan användas för flera olika användningsområden gör också att onödigt dubbelarbete kan undvikas. Samtidigt är det också en kvalitetssäkring eftersom man säkerställer att det är samma information som används i alla delar av processen.

Det är också möjligt att med hjälp av databaskopplingar koppla information mellan en BIM-modell och externa databaser. På så sätt behöver inte all information finnas inne i BIM-modellen. För mycket information i modellen riskerar att tynga ner modellen. Det kan också underlätta att hantera informationen i de externa system där informationen skapats och ska förvaltas.

BIM i projektering

Att använda en BIM-modell ger stora möjligheter att i projekteringen identifiera och rätta till problem som annars skulle upptäckas först på byggplatsen. I projekteringen kan BIM-modellen användas till samordning, kollisionskontroll/kvalitetskontroll och byggbarhetsgranskning. Genom kollisionskontroll kan felaktigheter som t ex kollisioner mellan byggdelar elimineras. Om BIM-modellen ska användas för mängdavgivning kan kollisionskontrollen också användas för att hitta dubletter av byggdelar och annat som annars kommer störa den modellbaserade mängdavgivningen. Kvalitetskontrollen innebär att kvaliteten på information som litteran, kodning kan säkerställas.

Byggbarhetsgranskning innebär att BIM-modellen används för att ur ett produktionsperspektiv säkerställa effektiva lösningar för produktionen. För att det skall vara möjligt måste samordning och granskning ske kontinuerligt under projekteringen och i god tid innan stämpling till bygghandling. BIM påverkar därför byggprocessen så att fler aktörer kommer in tidigare och kan vara med och påverka redan i projekteringen. Och eftersom det i BIM-projektering är modellerna som ligger till grund för ritningarna, så leder en hög kvalitet och bra samordnade modeller även till bra ritningar. Alla parter som är delaktiga i projekteringen kan via en viewer ta del av BIM-modellen. I viewern går det att navigera runt/titta i modellen, läsa ut information från modellen, mäta i modellen mm.

BIM i produktion och förvaltning

Genom att använda BIM-modellen i produktionen får man ett bra komplement till ritningarna. Att använda BIM i produktionen innebär att BIM-modellen måste uppdateras kontinuerligt. Både ritningar och BIM-modell måste vara 100 % aktuella för att produktionen ska kunna använda informationen på rätt sätt. De i produktionen som kommer använda BIM-modellen ska ha tillgång till BIM-modellen och den programvara som används för BIM-modellen. Utvecklingen av hårdvaror och programvaror har också inneburit att det blivit allt vanligare att kunna ha tillgång till ritningar och BIM-modell i en mobil plattform. Olika former av surfplattor kan användas för att t ex en arbetsledare alltid ska kunna ha med sig BIM-modellen. Det går att använda såväl samma typ av viewers som används i projekteringen som programvara som är speciellt gjorda för att användas i produktionen. I den senare typen av programvara går det ofta att förutom titta i modellen även hantera olika typer av kommunikation mellan entreprenörerna på arbetsplatsen. Det kan gälla kommunikation i form av avvikelser och ändringshantering där ärendena kan kopplas till lägen i BIM-modellen.

Allt fler beställare ställer krav på BIM, både för projektering och produktion. Och för beställare är förstås förvaltningsskedet det mest intressanta. BIM-modellen uppdateras kontinuerligt under produktionen. I och med det får man ut en "BIM-relationsmodell" (as-built), som kan användas under förvaltningsskedet, direkt när produktionen är klar.

BIM i kalkyl och planering

En aspekt av BIM är möjligheten att använda BIM-modellen för mängdavgivning – modellbaserad mängdavgivning. Det är fullt möjligt att lägesindela en BIM-modell. BIM-modellen kan delas in i valfria lägen beroende på projekttyp. Exempel på lägen kan vara per hus, per trapphus, per våningsplan, per lägenhet eller annan yta i byggnaden. En modellbaserad mängdavgivning följer sedan den gjorda lägesindelningen. Den modellbaserade mängdavgivningen kan utgöra underlag för antingen en traditionell kalkyl, utan koppling till modellen, eller till en kalkyl där kalkylaktiviteterna är kopplade till motsvarande byggdel i BIM-modellen. Att använda kalkylaktiviteter som är kopplade till BIM-modellen brukar kallas 5D-BIM. När man jobbar med 5D-BIM så slår en förändring i BIM-modellen i form av en förändrad mängd därmed igenom i kalkylen som uppdateras "automatiskt". Utifrån en 5D-kalkyl kan en 4D-tidplanering skapas. Med hjälp av informationen i 5D-kalkylen, enhetstider och mängder, så kan i 4D-tidplanen mängderna från BIM-modellen och enhetstiderna i kalkylen kopplas ihop med aktiviteterna i tidplanen. På samma sätt som i 5D-kalkylen så påverkar därmed en förändring i BIM-modellen 4D-tidplanen. Utifrån en 4D-tidplan kan också en 4D-simulering skapas. I 4D-simuleringen kan tidplanen visualiseras som en uppspelning av BIM-modellen byggdel för byggdel enligt den aktivitetsordning som finns definierad i tidplanen.

BIM som stöd för inköp och logistik

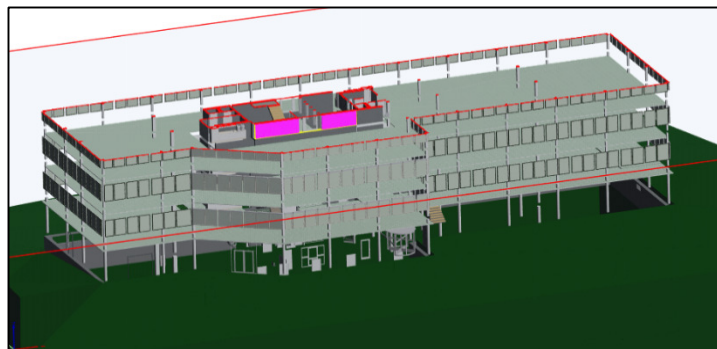
BIM-modellen kan även användas som inköpsunderlag och till logistik. En kvalitetssäkrad BIM-modell kan användas som del av förfrågningsunderlag till UE. När det gäller logistik kan BIM-modellen användas för att ta fram en APD-plan i 3D. Genom att lägesindela BIM-modellen, t e x husvis, våningsvis och/eller lägenhetsvis, kan den också användas som stöd för att anpassa leveranserna till arbetsplatsen.

BIM som stöd vid framtagande av försäljningsmaterial

Andra tillämpningar är visualiseringar i form av bilder och modeller för försäljning och marknadsföring. Framtagande av säljmaterial och visualiseringar effektiviseras och får en säkrare kvalitet att avspegla projekteringen om arkitektens BIM-modell används som underlag.

Analyser med hjälp av BIM

BIM-modellen kan också utgöra stöd för olika former av analyser. Att använda BIM-modellen som underlag till energiberäkningar, sol- och skuggstudier, akustikutredningar, brandsimuleringar mm är ytterligare exempel på tillämpningar som visar att den är till nytta för i princip alla aktörer i byggprocessen. På motsvarande sätt som vid framtagande av säljmaterial och visualiseringar så effektiviseras analyserna och får en säkrare kvalitet när arkitektens BIM-modell används som underlag. Analyserna kan göras från och med tidiga skeden i byggprocessen givet att BIM-modeller tas fram tidigt.



BIM-modell, stomme - Skanska (2)

Programvaror, filformat och programvaruleverantörer

Byggnadsinformationsmodeller skapas i olika programvaror. Programvaran som används för att skapa originalmodellen styr vilket filformat som originalmodellen får. Det finns också filformat som är oberoende av vilken programvara som modellen ursprungligen skapats i. Ett av de vanligaste filformaten av den typen är Industry Foundation Classes (IFC). Syftet med filformatet IFC är att det är neutralt och öppet vilket gör det möjligt att fritt byta information mellan olika CAD-programvaror och även mellan CAD-programvaror och andra typer av programvaror (för t ex olika slags analyser och samordning). Bakom IFC står buildingSMART (buildingSMART, 2015). IFC är ett sätt att genom branschstandarder förenkla informationshantering och informationsutväxling. En annan väg mot en mer standardiserad informationshantering är standardisering av litteran. I ett SBUF-projekt har standardlitteran i form av BIP-koder tagits fram (SBUF, 2015). BIP står för Building Information Properties. BIP-koderna innehåller standardiserade litteran för många byggedelar och komponenter både för bygg och installation.

Nedan följer en kort beskrivning av de vanligaste programvarorna för att skapa arkitektmodeller. Samt en kort beskrivning av en programvara för energianalyser. Arkitektmodellen är den modell som används mest som underlag/stöd för andra delprocesser i byggprocessen. Som nämnts ovan är det arkitektmodellen som används vid framtagande av såväl försäljningsmaterial som energianalyser och tidiga kostnadsbedömningar.

Autodesk - Revit

Revit är en programvara för byggdesign som är speciellt utformad för BIM. Revit innehåller funktioner för arkitektonisk design, ventilation, el och VVS (MEP), konstruktionsteknik och byggnation, (Autodesk, 2015). Förutom att det går att skapa byggnadsinformationsmodeller med Revit är det också möjligt att göra olika analyser med hjälp av Revit. Till exempel: energianalyser, solstudier och analyser för värme/kylning. Det går att från Revit exportera ut byggnadsinformationsmodellen i olika filformat, till exempel IFC.

Graphisoft - ArchiCad

ArchiCAD är en programvara som innehåller funktioner för arkitektonisk design. Även i ArchiCAD är det möjligt att göra energianalyser, (Graphisoft, 2015). Det går också från ArchiCAD att exportera ut BIM-modellen i olika filformat som IFC.

Solibri

Solibri är en programvara för att granska IFC-modeller från till exempel arkitekt och VVS. Granskningen kan göras utifrån kollisioner inom och mellan modeller. Med Solibri kan man också identifiera dubletter av byggdelar i modeller. Dubletter kan störa modellbaserad mängdavgivning och energiberäkningar baserade på IFC-modeller. Även hur modellerna är littererade kan kontrolleras. (Solibri Inc, 2015)

Trimble - Sketch Up

Sketchup är ett skissprogram främst för arkitekter. Det går att skapa modeller i form av rena volymstudier, men också modeller som är byggdelsbaserade. Ofta används Sketchup tillsammans med Google Earth för att få en snabb och tidig uppfattning om hur ett område kan se ut med ny bebyggelse. Sketchup kan användas för att ge 3D modellens ytor projektspecifika materialegenskaper, och dessa bilder/modeller kan användas i till exempel säljmaterial. (Trimble Navigation United, 2015)

Progman - MagiCad

MagiCad är en programvara för modellering och dimensionering av system för installationer (el, rör, ventilation, sprinkler). Det är en applikation för Revit och/eller AutoCad. MagiCad innehåller en stor mängd CAD-objekt i form av specifika komponenter. Det kan handla om ventiler, don, rör och kanaler. Dessa CAD-objekt innehåller produktens egenskaper i form av dimensioner, flöden osv. Revit MEP och AutoCad MEP innehåller ungefär motsvarande funktioner som MagiCad. (Progman Oy, 2015)

BIM och energiberäkningar

Inom området energi och BIM har en hel del arbete gjorts. Bland annat har SBUF i ett projekt tagit fram arbetssätt för energianalyser utifrån BIM-modeller, (SBUF, 2011). Projektet resulterade i arbetssätt för:

1. Export av 3D-geometri från Revit/ArchiCAD till IDA/ICE
2. Import in till VIP Energy av indata från ArchiCAD/EcoDesigner

En kommentar till arbetssättet enligt punkt 1 är att det finns en del begränsningar på byggdelar med komplexa former. Det kan i så fall krävas en del omarbetning av modellen hos energikonsulten.

Genom programvarutillägget EcoDesigner Star fås utökade möjligheter att utföra energiberäkningar med Archicad.

Equa - IDA ICE

IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) är en programvara för simuleringar av byggnaders prestanda inom energi och miljö (Equa, 2015). Med hjälp av IDA ICE kan såväl energiförbrukning som inomhusmiljö simuleras. I den senaste versionen (4.7) av IDA ICE finns stöd för sex av indikatorerna vid certifiering enligt Miljöbyggnad.

Miljöbyggnadsmodul i IDA ICE

Modulen har tagits fram av EQUA Solutions AB för att underlätta arbetet med Miljöbyggnad. Det är en tilläggsmodul som automatiskt genererar resultat- och indatarapporter för följande sex indikatorer i Miljöbyggnad: 1. Energianvändning, 2. Värmeeffektbehov, 3. Solvärmelast, 10. Termiskt klimat vinter, 11. Termiskt klimat sommar och 12. Dagsljus. Det ställs vissa krav på version av IDA ICE, samt form av licens.

VIP-Energy

Detta är ett energiberäkningsprogram som ger resultat i form av en energibalans över året. Det är möjligt att generera indata från ArchiCad till VIP-Energy. (StruSoft AB, 2015)

Övriga programvaror

TEKNOsim

TEKNOsim används för att simulera inneklimat. Denna programvara utvecklad av Lindab kan därmed användas för att hantera Indikator 10 och 11 i Miljöbyggnad som handlar om just termiskt klimat. (Lindab, 2014)

ParaSol

ParaSol används för att jämföra energi- och effektbehov samt inomhustemperaturer för olika glas och solavskärmningslösningar. I ParaSol kan man få fram g-värde för en kombination av fönsterglas och solavskärmning. (LTH, 2015)

Velux Daylight Visualizer

Velux programvara används för att simulera dagsljus i byggnader. Filformat som kan importeras för simulering i programmet är DWG, DXF, SKP och OBJ, men då måste också modellen vara utformad på rätt sätt. (Velux, 2015)

MILJÖCERTIFIERINGAR - INTRODUKTION

Det finns ett stort antal miljöcertifieringssystem i Sverige varav Svanen, LEED och BREEAM tillsammans med Miljöbyggnad är de mest utbredda. En annan miljöcertifiering är EU GreenBuilding som endast fokuserar på energibesparing. Skillnaderna mellan de olika miljöcertifieringssystemen består bland annat i bedömningsområden och hur omfattande dessa är i form av vilka typer av byggnader som kan certifieras.

Svanen är ett svensk miljöcertifieringssystem som behandlas av Miljömärkning Sverige AB. Byggnader som kan Svanenmärkas är småhus, flerbostadshus och förskolebyggnader. Denna miljöcertifiering har fokus på energianvändning, inomhusmiljö och miljövänliga material. Krav ställs också på byggprocessen så att huset håller en bra kvalitet, exempelvis att huset blir tätt, energisnålt och att inte fukt byggs in. Byggavfallet ska heller inte belasta miljön mer än nödvändigt (Miljömärkning Sverige AB, 2015).

Certifieringssystemet LEED¹ är utvecklat i USA och hanteras av U.S. Green Building Council (USGBC). Det är en internationell standard som används i över 140 länder. LEED används för nyproduktion och befintliga byggnader, samt ombyggnationer för såväl bostäder som olika lokalbyggnader och stadsdelar. I detta certifieringssystem görs bedömning inom områdena energianvändning, vattenanvändning, närmiljö, material samt inomhusklimat (SGBC, 2015a). BREEAM² är ett brittiskt certifieringssystem, men används internationellt och har dessutom anpassats till svenska förhållanden. Systemet kan användas för både nyproducerade och befintliga kommersiella byggnader såsom kontor och handelsbyggnader, samt för ombyggnad av dessa kommersiella fastigheter. I BREEAM görs bedömningen inom områdena projektledning, energi- och vattenanvändning, inomhusklimat, markanvändning, avfallshantering, ekologi, material, föroreningar och transport. Innovation av tekniska lösningar kan höja betyget (BRE, 2015) (SGBC, 2015b).

Miljöbyggnad

Miljöbyggnad, tidigare kallat Miljöklassad byggnad, är ett miljöcertifieringssystem som utvecklades av bygg- och fastighetsbranschen tillsammans med myndigheter och högskolor inom ByggaBo-dialogen. Det är ett svensk certifieringssystem som utgår från svenska bygg- och myndighetsregler. Miljöbyggnad är ett kostnadseffektivt sätt att miljömässigt utvärdera byggnader, då utgångspunkten för certifieringssystemet är att undvika att driva på kostnader för utredningar och behov av utrustning. Dokument och utredningar som normalt arbetas fram i bygg och ombyggnadsprojekt används. Systemet sattes i drift 2009 av intresseföreningen Miljöklassad byggnad efter att forskningsresultat bearbetats till manualer för Miljöklassad byggnad 1.0 och senare även 2.0. År 2011 överlämnades systemet till Sweden Green Building Council och bytte namn till Miljöbyggnad. Efter Miljöklassad byggnad 2.0 har uppdateringar gjorts, till Miljöbyggnad 2.1 och senare 2.2 vilket är den senaste manualen som gäller från och med 1 oktober 2014 (SGBC, 2014a). Sedan lanseringen har nu över 500 byggnader i Sverige certifierats, och



SGBC logo - www.sgbc.se (3)

¹ Leadership in Energy and Environmental Design

² Building Research Establishment Environmental Assessment

drygt 800 till är registrerade. I dagsläget pågår arbetet med att ta fram version 3.0 vilken ska vara färdigställt under 2016.

Uppbyggnad av systemet

Miljöbyggnad kan utföras för nyproduktion och befintliga byggnader, samt om- och tillbyggnader. Resultatet för nya byggnader ska verifieras efter 2 år och certifieringen håller totalt i 10 år. Typer av byggnader som omfattas är småhus, flerbostadshus och lokalbyggnader som inrymmer till exempel kontor, skola och hotell³. Miljöbyggnad innebär granskning av en tredje part där bedömning görs inom de tre områdena energi, innemiljö och material. Dessa tre områden är uppdelade i ett antal aspekter som i sin tur är uppdelade i 16 olika indikatorer, som används för att kvantifiera byggnadens miljökvaliteter. I tabell 1 listas indikatorer och aspekter tillsammans med respektive område.



Miljöbyggnad logo - SGBC (4)

Tabell 1 Miljöbyggnads indikatorer, aspekter och områden baserad på SGBCs tabell (SGBC, 2014a).

Ind.	Indikator	Aspekt	Område
1	Energianvändning	Energianvändning	Energi
2	Värmeeffektbehov	Effektbehov	
3	Solvärmelast		
4	Energislag	Energislag	
5	Ljudmiljö	Ljudmiljö	Innemiljö
6	Radon	Luftkvalitet	
7	Ventilationsstandard		
8	Kvävedioxid		
9	Fuktsäkerhet	Fukt	
10	Termiskt klimat vinter	Termiskt klimat	
11	Termiskt klimat sommar		
12	Dagsljus	Dagsljus	
13	Legionella	Legionella	Material
14	Dokumentation av byggvaror	Dokumentation av byggvaror	
15	Utfasning av farliga ämnen	Utfasning av farliga ämnen	
16	Sanering av farliga ämnen	Sanering av farliga ämnen	

De första 15 indikatorerna gäller vid nyproduktion medan för befintliga byggnader används 14 indikatorer där Ind. 1 till och med Ind. 13 och Ind. 16 används. För ombyggnader bedöms alla 16 indikatorerna. För de olika fallen får ingen indikator utelämnas utan alla måste bedömas för certifieringen (SGBC, 2014a).

Indikatorerna

Här nedan beskrivs de 15 indikatorerna för nybyggnationer, samt den 16:e som är till för ombyggnationer. För vidare mer detaljerad beskrivning av indikatorerna och hur dessa ska

³ Kontor, skola, daghem, hotell, handel, hall, vård, restaurang, idrott, teater.

redovisas, se för nyproducerade byggnader (SGBC, 2014b) och för befintliga byggnader (SGBC, 2014c).

1. Energianvändning

Byggnadens årliga specifika energianvändning beräknas, kWh/m²Atemp och redovisas uppdelat på ett antal energiposter. Detta tillsammans med en rad annan information såsom använt beräkningsprogram, beräknat luftflödestillägg, beskrivning av byggnadens energitekniska egenskaper, tillförd energi från till exempel solceller eller solfångare och resulterande verksamhetsenergi med flera ska redovisas.

2. Värmeeffektbehov

För att beräkna värmeeffektbehovet behövs U-värden, klimatskalets delareor, köldbryggor, luftläckageflöde vid normal tryckskillnad över klimatskalet, ventilationsflöde, värmeåtervinnings temperaturverkningsgrad, lufttemperatur inomhus och DVUT. Utöver resultatet av värmeeffektbehovet ska redovisning av beräkningsförutsättningarna anges, typ av värmeåtervinning för ventilationsluften, beräkning av frånluftsvärmepump om detta används. Om DVUT bestäms med högre tidskontant än 1 dygn ska beräkningen redovisas. Det ska framgå att beräkningen är utförd med hänsyn tagen till de krav som ställs på beräkningarna. För Guld krävs redovisning av beräkningen för köldbryggorna.

3. Solvärmelast

Solvärmelasttalet i W/m²golv kan beräknas med en förenklad metod som utgår från att maximal solstrålning mellan vår- och höstdagjämning mot vertikal yta ungefär är 800W/m². Endast vinstelserum med fönster som vetter mot öst till väster via söder bedöms. För att utföra beräkningarna av solvärmelasten krävs det sammanvägda g-värdet för fönsterglas (beräknad i Parasol) och solskydd, glasad del av fönster, dörrar och glaspartier och golvarean i det bedömda rummet. Solvärmelasten kan också simuleras i IDA. Redovisningen ska också innehålla situationsplan, planritningar där väderstreck framgår där bedömda våningsplan med bedömda vinstelserum är markerade, samt motivering av valet av bedömda och icke bedömda våningsplan och vinstelserum. Ytterligare information är golvarean i varje bedömt rum, samt Atemp för aktuella våningsplan med flera.

4. Energislag

Den årliga energianvändningens fördelning på Miljökategori bedöms i Energislag, där även brukarenergin ska bedömas. Det finns fyra olika Miljökategorier, där kategori 1 är minst miljöbelastande och 4 mest. Årsenergianvändningen där hushållsel och verksamhetsel är inkluderat fördelas på de fyra olika Miljökategorierna. I redovisningen ska resultat från energiberäkning som inkluderar en sammanfattning från indikator 1 inklusive hushållsel och verksamhetsenergi anges, samt en utskrift från Miljöbyggnads webbplats där totala energianvändningen fördelas i kategorierna. Intyg som styrker val av Miljökategori ska också bifogas.

5. Ljudmiljö

För ljudmiljön inomhus bedöms ljud från installationer inomhus, luft- och stegljudsisolering, samt ljud utifrån. Redovisningen ska innehålla en ljudbeskrivning upprättad av en

ljudsakkunnig. Hantering av ljudparametrarna, luftljud, stegljud, installationsljud och ljud utifrån ska vara beskriven med koppling till respektive ljudklass beskriven i ljudstandard SS 25267 för bostäder och SS 25268 för lokaler.

6. Radon

Radonhalt inomhus givet i Bq/m³ bedöms, vilket ska vara det högsta uppmätta värdet i vistelsezonen. Protokoll där uppmätt markradonhalt redovisas och klassning av marken som låg-, medel- eller högradonmark ska anges. Handlingar som visar att grundkonstruktionen och genomföringar utförts med skydd eller säkerhet mot radonspridning från mark ska redovisas. Analysprotokoll med redovisning av uppmätta radonhalter i inomhusluften, samt mätpunkterna utmarkerade på planritningar tillsammans med rummens användningsområde ska presenteras vid verifiering.

7. Ventilationsstandard

Ventilationslösning för att indikera luftkvalitet bedöms. VVS-beskrivning eller ventilationsritningar dokumenterar normalt uteluftsflödet, där också ventilationssystemet och dess styrning och reglering av ventilationsflöde specificeras. Redovisningen som krävs omfattar dokument med uppgift om uteluftsflöde givet i l/s, m² golv för bostäder, medan dokument om uteluftsflöde i l/s, person krävs för lokalbyggnader. Beroende på betyg, krävs olika ventilationslösningar och handlingar.

8. Kvävedioxid

Kvävedioxidhalten i inomhusluften bedöms givet i µg/m³. Redovisningen i projekteringsskedet ska för en byggnad beläget i en tätort innehålla en karta som visar kvävedioxidhalten utomhus och byggnadens placering, samt motivering till sökt betyg. För en byggnad utanför tätort ska uppgifter om antal fordon per dygn för närliggande trafikerade vägar anges tillsammans med en karta där byggnadens placering framgår i förhållande till de trafikerade vägarna. Beroende på betyg och byggnadens lokalisering ska sedan kvävedioxidhalten i inomhusluften mätas.

9. Fuktsäkerhet

Metod för projektering och byggande med hänsyn till hög fuktsäkerhet bedöms. Fuktsäkerhetsarbetet, vilket är arbetet för att minska risken för fukt- och mögelskador och vattenläckage, ska ske under alla stadier vid nyproduktion. Arbetet omfattar att formulera kravnivå på byggnadens fuktsäkerhet och planera för hur de ska uppfyllas, identifiera fuktkompetens i projekteringsgruppen och kritiska konstruktioner, material och moment. Mätningar, kontroller och dokumentation av fuktnivåer utgör också en del av arbetet. Redovisningen anpassas efter i vilket stadie som ansökan skickas in, samtidigt avgör också betyget som ska nås vad som krävs inom redovisningen.

10. Termiskt klimat vinter

Termiskt klimat vintertid bedöms i vistelserum genom antingen PPD eller transmissionsfaktorn, TF. Beroende på typ av byggnad och eftersökt betyg ställs olika krav om PPD eller transmissionsfaktorn ska användas. PPD fås fram genom datorsimulering av inneklimat, där PPD kan beräknas direkt i en del program, t.ex. IDA, medan i andra program

där endast operativa temperaturen fås behövs den operativa temperaturen översättas till PPD. Transmissionsfaktorn är en förenklad metod där U-värdet i glasets mitt ($W/m^2/K$), fönsterarean som innebär glasdel, karm och båge (m^2), och golvarean (m^2) används i beräkningarna. Redovisningen omfattar många delar, bland annat beställarens krav på komfort vintertid, bedömda våningsplan med bedömda rum markerade på planritningar och motivering till dessa, samt motivering till vistelserum som undantagits i bedömningen. Golvarean i varje bedömt rum och A_{temp} för valda våningsplan ska också anges. Fönster i bedömda rum markerade på fasadritningar, fönsterarea och U-värde i varje bedömt rum tillsammans med bevis på fönsters U-värde ska bifogas. Om TF används ska indata och beräknat TF rumsbetyg för varje bedömt rum redovisas. Om PPD används, ska simuleringsprogram och indata som använts i respektive rum, samt resulterande PPD, beräknad operativ temperatur och rumsbetyg i varje bedömt rum anges.

11. Termiskt klimat sommar

Termiskt klimat sommartid bedöms i vistelserum genom antingen PPD eller solvärmefaktorn, SVF. På liknande sätt som för termiskt klimat vintertid, beror valet av beräkningssätt av byggnadstypen och eftersökt betyg. PPD beräknas genom datorsimulering och solvärmefaktorn genom en förenklad metod, där det sammanvägda g-värde för fönster och solskydd, glasarea i fönster, dörrar och glaspartier och golvarean används i beräkningarna. Redovisningen är liknande till termisk komfort vinter. Beräkningsprogrammet som använts för att beräkna det sammanlagda g-värdet, samt verifierat på fönsters g-värd och solskydd ska bland annat anges. Om PPD används ska liknande information som i termiskt klimat vinter redovisas.

12. Dagsljus

Dagsljus kvalitet bedöms i vistelserum med hjälp av antingen dagsljusfaktor, fönsterglasandel AF, eller utblick beroende typen av lokal och eftersökt betyg. Dagsljusfaktor DF, är ett mått på förhållandet mellan ljusstyrkan utomhus och inomhus en mulen dag och kan beräknas med hjälp av antingen en grafisk metod eller med simuleringsprogram. Fönsterglasandel är en förenklad metod där AF faktorn fås av förhållandet mellan fönstrets glasarea och rummets golvarean. I utblick används utblicksarean som är den golvarean som uppfyller krav på utblick i förhållande till rummets golvarean. Redovisningen omfattar bland annat situationsplan som visar omgivningens avskärmning av himlen, planritningar på representativa våningsplan och motivering av val av dessa, samt samma information vad gäller valda vistelserum. Information kring fönster, såsom areorna, LT-värde och markering av de bedömda fönstren ska ges. Om den förenklade metoden anges ska AF och rumsbetyg för varje rum och slutliga indikator betyg anges. Om simulering istället är utförd ska program, indata såsom rumsytors egenskaper och rummets geometrier anges, tillsammans med DF och rumsbetyg för varje bedömt rum.

13. Legionella

Åtgärder för att minska risken för tillväxt och spridning av legionella bakterier bedöms. Utformningen av tappvattensystemet ska alltså minska risken för tillväxt och spridning av dessa bakterier. Redovisningen inkluderar dokumentation som visar att Branschreglerna Säker vatteninstallation är eller ska implementeras, en eventuell riskvärdering, formell

handling som styrker placering av termometrar på VV och på inkommande VVC, samt instruktion för regelbunden kontroll.

14. Dokumentation av byggvaror

För nyproducerade byggnader skall en loggbok upprättas. Loggboken har funktionen av en innehållsförteckning och kravet omfattar alla byggvaror som byggs in i grundkonstruktionen, stommar, ytterväggar, yttertak och innerväggar och som omfattas av BSAB koderna E-N + Z. Följande information behöver anges; typ av byggprodukt, varumärke, tillverkare, innehållsdeklaration för byggvaran samt året då innehållsdeklarationen skrevs. Innehållsdeklarationen för en produkt kan vara i form av ett säkerhetsdatablad, som används för kemiska byggprodukter, eller en byggvarudeklaration (BVD3), som kan användas för alla typer av byggprodukter. För att erhålla guldnivå krävs BVD3 även för kemiska byggprodukter. BVD3 är ett frivilligt system som är framtaget av Kretsloppsrådet. Den fungerar som en miljödeklaration och beskriver en produkts miljöpåverkan under hela livscykeln. Den delen av BVD3 som behandlar det kemiska innehållet är obligatorisk och där skall redovisning ske av hela produktens innehåll. För att styrka arbetet med Loggboken behöver projekten i projekteringsfas kunna visa upp handlingar som bevisar att en loggbok kommer att upprättas. I verifieringsfasen skall dokumentation redovisas som styrker att den loggboken som har producerats stämmer överens med klassningsnivån.

15. Utfasning av farliga ämnen

Syftet med indikator 15 är att minska användningen av produkter som innehåller utfasningsämnen. Varje byggprodukt som dokumenteras i loggboken skall bedömas utifrån innehåll och halt av utfasningsämnen. Utfasningsämnen betraktas som särskilt farliga och definieras enligt KemI:s PRIO kriterier. Det finns definierade gränsvärden för när en produkt betecknas som fri från utfasningsämnen och gränsvärdena är satta utifrån riskfras. Som underlag vid bedömning används innehållsdeklarationerna. Det finns tre olika materialbedömningssystem att tillgå, som alla använder lite olika bedömningskriterier, men alla utgår från KemI:s kriterier - Byggvarubedömningen, BASTA och Sunda Hus.

Betygsättning

För nyproducerade byggnader erhålls betygen Brons, Silver och Guld, medan för befintliga byggnader ges ytterligare ett betyg, kallad Klassad. För de olika indikatorerna motsvarar Brons de krav som ställs från myndigheter på byggnader till exempel, Boverket och Arbetsmiljöverket. Silver motsvarar en högre ambitionsnivå än grundkraven och Guld uppvisar den miljömässigt bästa tillgängliga tekniken. Klassad är ett preliminärt betyg som innebär att byggnaden ej uppnår grundkraven för certifiering.

Byggnadens betyg tas fram genom en aggregeringsmetod som baseras på rums- och byggnadsindikatorer. Detta innebär att en del indikatorer bedöms på rumsnivå medan andra utifrån byggnadens helhet. Till exempel bedöms energianvändning på byggnadsnivå medan solvärmelast på rumsnivå. För rumsindikatorerna ska de bedömda rummens area summeras för varje indikatorbetyg varefter betyget bestäms av den femtedel av arean som är presterat sämst. Betyget ges av det lägsta rumsbetyget för denna area. Rumsbetyget kan dock höjas om minst hälften av denna bedömda area har högre betyg. Aspektbetyget ges

sedan från lägsta indikatorbetyg. Områdesbetyget bestäms därefter av områdets lägsta aspektbetyg, vilket kan höjas ett steg om minst hälften av aspektbetygen är högre. Byggnadens betyg bestäms slutligen av dess lägsta områdesbetyg. Denna betygsaggregeringsmetod leder till att ett lågt betyg endast begränsat kan kompenseras av ett annat högre betyg vilket leder till att byggnader med brister inte kan uppnå högt betyg. Detta bidrar därmed till ett incitament att åtgärda bristerna. I denna metod har områden lika stora betydelser.

För att uppnå byggnadsbetyget Guld krävs det att ingen av indikatorerna klassas brons eller sämre. Ett antal indikatorer kan däremot ha betyget silver. Antalet varierar och beror på vart de är placerade i betygssystemet, alltså vilka indikatorerna är. En brukarenkät måste genomföras för att uppnå Guld (SGBC, 2014a).

Certifieringsprocessen

Certifieringsprocessen kan ses i figur 1. Registrering sker hos SGBC för de byggnader som ska certifieras. Därefter skickas en certifieringsansökan in för granskning, där ansökan bedöms under sekretess av oberoende granskare. Utifrån denna granskning certifieras byggnaden. För nyproduktion och ombyggnader gäller det att verifiering av certifieringsresultatet görs tidigast ett år efter idrifttagning och senast inom två år (SGBC, 2014a).



Figur 1 Miljöbyggnads certifieringsprocess. (5)

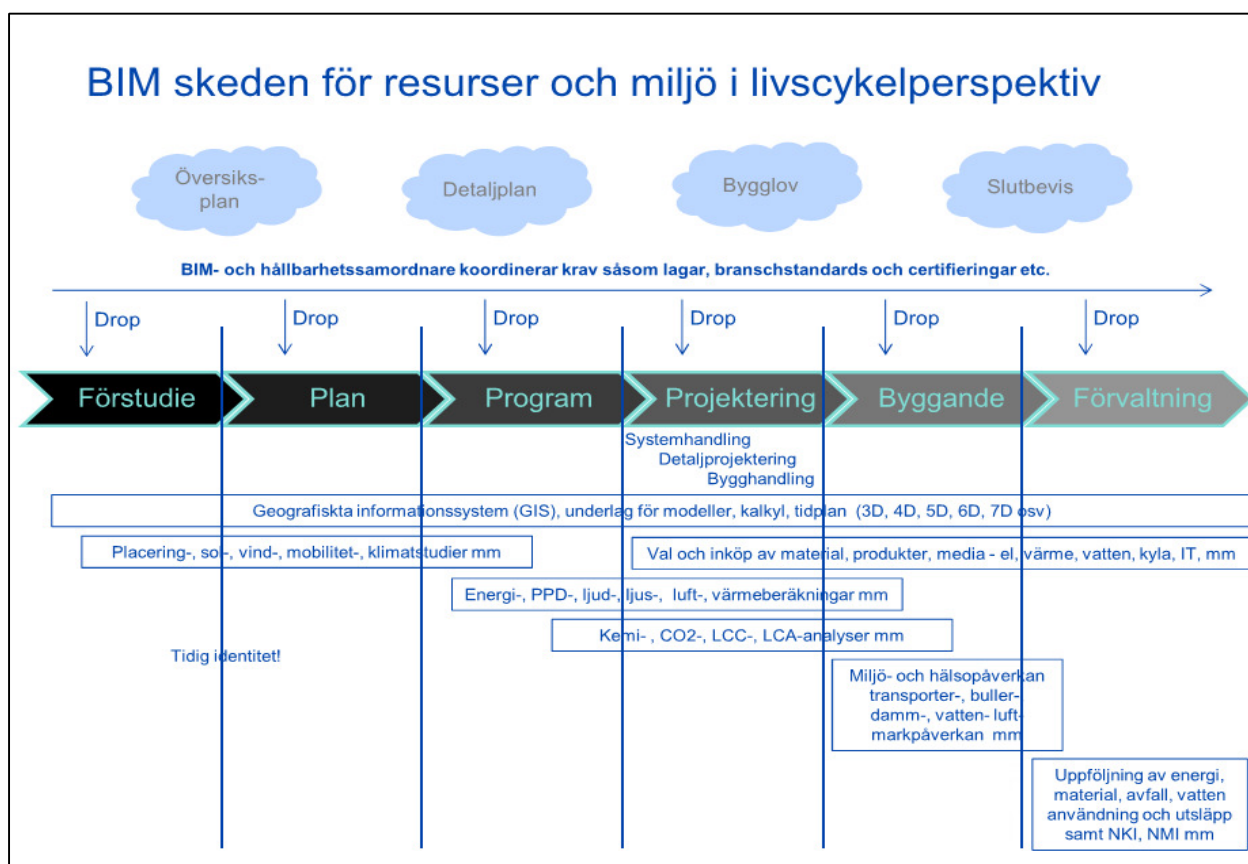
RESULTAT OCH DISKUSSION

För Miljöbyggnad gäller vissa givna principer för att en byggnad ska kunna certifieras. Helt enkelt finns det en begränsning i hur och vad som kan byggas som är byggt tekniskt och byggekonomiskt gångbart.

För att kunna åstadkomma en verklig bild av läget idag samt möjligheter och hinder att gå vidare till en full implementering av BIM inom Miljöcertifieringsområdet behöver vi se på situationen både från en teknikvy och en processvy.

BIM i dagsläget

I dagsläget används BIM i begränsad utsträckning för att underlätta miljöcertifieringsprocessen. För att få ut mest av användandet av både BIM och Miljöbyggnad behöver de komma in tidigt i byggprocessen, men i dagsläget kommer ofta BIM och kraven från Miljöbyggnad in för sent för att få maximal utväxling. Om både BIM och Miljöbyggnad istället kom med från start i projekten skulle dessutom BIM i större omfattning kunna användas för att göra arbetet med Miljöbyggnad mer kostnadseffektivt och kraven i systemet skulle vara med och forma en hållbar byggnad. Istället för att bidra till kostsamma förändringar i senare delen av projekteringen, som ibland är fallet idag. En beskrivning av en integrerad BIM och Miljöcertifieringsprocess visualiseras nedan.



BIM-skeden, BIM Alliance (6)

Som ett resultat av interna diskussioner inom de tre i projektet deltagande företagen samt av genomförd workshop, redogörs nedan i tabellen för vilka indikatorer som ibland hanteras med hjälp av BIM idag och hur dessa förslagsvis kan hanteras i framtiden. Genom att följa diskussionen i tabellen nedan kan man generalisera att det finns stora möjligheter med att effektivisera miljöbyggnadsprocessen med befintliga BIM-verktyg. Hinder ligger kanske främst i åtkomst till aktuell indata men också på brist på funktionalitet.

Miljöbyggnad indikatorer	Underlag till beräkning och analys	Urval av programvaror för stöd	Redovisning för certifiering idag	Diskussion nutid och framtid avseende att hantera indikatorer med BIM
Byggnadsbeskrivning	Geometri: fasader, planer, sektioner, orienteringsritning	Revit, ArchiCAD	Ritningar	Redovisning för certifiering idag utgörs av 2D-underlag vilket kan genereras från modell. Tankemässigt skulle modellbaserad redovisning kunna effektivisera detta område, antingen via en komplett modell med certifieringsinformation eller access till plattformar där modellbaserad information finns tillgänglig.
1. Energianvändning	Geometri och ytor, uppbyggnad klimatskal, samt köldbryggor Omgivning Installationer, funktion och börvärden Byggnadsegenskaper Solskydd Internlast	VIP-Energy, IDA, Eodesigner Star, Revit	Energiberäkningsrapport	Idag är det möjligt att exportera underlag från A-modell till energiberäkning via IFC. Uppbyggnad konstruktionsdelar visas då i modellen. Export geometri från modell (IFC) till beräkningsprogram har dock en del svagheter då vissa detaljer i konstruktion, t ex köldbryggor och udda geometrier inte betonas tillräckligt i modell. Installationers och byggdelaers detaljer och egenskaper bör i framtiden kunna inkluderas direkt i modell i projekteringen för att senare användas till (modellbaserade) beräkningar och analyser via IFC. Detta förutsätter dock tillgänglighet av data vilket delvis måste tillhandahållas av t.ex. material- och underleverantörer, tillgänglig kompetens för att minimera anpassning och komplettering av indata samt programvaror för beräkningar och analys som kan hantera modellbaserad indata från t ex A-modell.
2. Värmeeffektbehov	Geometri och ytor, uppbyggnad klimatskal, tekniska egenskaper och kravställning såsom ventilationsflöde, verkningsgrad ventilation, DVUT, innetemperatur och lufttäthet	ArchiCad, Revit, MagiCad	Kopia på excelverktyg framtaget av SGBC, där uträkning görs	SGBCs excelverktyg används vanligtvis idag för beräkning av värmeeffektbehov. Ytor och uppbyggnad klimatskal är samma som för 1. Energianvändning. I stort, samma diskussion som indikator 1. Energianvändning. Det viktiga är att möjliggöra direkt länk mellan modellbaserat projekteringsunderlag med beräkningar och analys. Dels för att underlätta att tidigare i processen kunna fatta mer initierade projekteringsbeslut samt dels för att effektivisera processen med mindre omarbete samt säkrare indata.
3. Solvärmelast	Rumsgolvare, fönsterglasarea, koppla respektive fönster till specifikt rum, glasets G-värde samt solskydd, inklusive egenskaper och solavskärmande kapacitet samt placering. Markering av mest kritiska rum	ParaSol, IDA, Revit, ArchiCad	Rapport med redovisade beräkningar och uppnådd solvärmelast per rum	Idag en relativt enkel ekvation med "icke-modellbaserad indata", kräver dock en hel del handpåläggning. I framtiden skulle information såsom rums- och glasytor kunna ingå i modell med länkning till specifikt rum. Liknande 1. Energianvändning och 2. Värmeeffektbehov skulle länkning av projektering och analys medföra effektivare beräkningar och analyser med säkrare indata. Detta förhindras idag av brist på tidig information, kompetens samt kompatibla programvaror med anpassad funktionalitet.

Miljöbyggnad indikatorer	Underlag till beräkning och analys	Urval av programvaror för stöd	Redovisning för certifiering idag	Diskussion nutid och framtid avseende att hantera indikatorer med BIM
4. Energislag	Indata från 1. Energianvändning samt avtal om energislag	Revit	Kopia på excelverktyg framtaget av SGBC, där uträkning görs Energiavtal	Denna indata kommer från 1. Energianvändning samt avtal om energislag, och används i av SGBC framtaget excelverktyg. Möjligt att i framtiden inkludera eller länka denna information till en modell men oklart om dess nytta.
5. Ljudmiljö	Kravställning ljud på ritning med status Bygghandling	Revit, ArchiCad	Ramhandling ljud	Ljudkrav redovisas idag i PM samt ev. i färgkodade ritningar (Bygghandlingar). Akustiker skulle framöver kunna använda samordningsverktyg såsom Solibri för att redovisa ljudkrav i modell- och/eller databasform. Modell skulle även kunna användas för att ta fram indata till ljudberäkningar.
6. Radon	Mätdata radon i mark Ritning grundläggning om skydd radon	Revit, ArchiCad	Geoteknisk undersökning (där radonhalt i mark framgår) Handlingar K där det framgår hur radonskydd hanteras	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning används i dagläget. Fullt möjligt att i framtiden redovisa mätpunkter geoteknisk undersökning samt i färdig byggnad i modell samt att utföra detta arbete i projekteringen för att tidigt säkerställa att man klarar indikatorn.
7. Ventilationsstandard	Krav, ytor, ritningar, beskrivning: luftflöden och hygienflöde, styrning av ventilation, beskr. verksamhet och beläggning.	Revit, MagiCad	Relevanta bygghandlingar Ventilation	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag. Svårt att lägga in uppgifter såsom verksamhetsbeskrivning och beläggning i modell, kanske bättre att länka till denna typ av information. Data avseende flöden och liknande skulle man kunna koppla direkt till modell för att underlätta redovisningen till Miljöbyggnad.
8. Kvävedioxid	Placering av tilluft på ritning Mätdata avseende närområde	Revit, ArchiCad	Redovisning uppmätt kvävedioxidhalt utomhus, trafikmängder Ev ritning tilluft	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag. Mätresultat skulle kunna kopplas till modell. Detsamma gäller redovisning av mätpunkter i färdig byggnad i modell. Oklar nytta.
9. Fuktsäkerhet	Dokumentation fuktsäkerhetsbeskrivning och fuktsäkerhetsprojektering.		All fuktdokumentation CV fuktsakkunnig och namn på ansvarig i produktion.	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag. Man skulle kunna tänka sig att använda modellbaserad information för att skapa och redovisa driftfall. Modellen skulle även kunna användas som stöd vid fuktsimuleringar, och som redovisande format för mätningar under produktion.

Miljöbyggnad indikatorer	Underlag till beräkning och analys	Urval av programvaror för stöd	Redovisning för certifiering idag	Diskussion nutid och framtid avseende att hantera indikatorer med BIM
10. Termiskt klimat Vinter	Installationer inkl styrning, funktion, egenskaper. Glasyta per fönster, fönsteregenskaper, koppla fönster till specifikt rum. Rumsytor samt markering av kritiska rum. Input från indikatorer 1. och 3. Kravställning termisk komfort	IDA, TEKNOSim, Revit, ArchiCad, Sketch Up	Rapport med redovisad simulering och uppnått termiskt klimat per rum	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag. Samma modell som används för energiBERÄKNINGEN (import IFC till IDA) kan användas för att simulera termiskt klimat vinter på rumsnivå. BIM skulle kunna möjliggöra underlag till beräkning och analys via modell samt att koppla mätresultat till modell. Man skulle kunna använda samma modell som för indikator 1. Energianvändning men med skillnad på uppdelning på rumsnivå istället för husnivå.
11. Termiskt klimat Sommar	Installationer inkl styrning, funktion, egenskaper Glasyta per fönster, fönsteregenskaper, koppla fönster till specifikt rum Rumsytor samt markering av kritiska rum. Kravställning termisk komfort Solskyddsegenskaper samt beräkning av kapacitet solavskärmning	IDA, TEKNOSim, Revit, ArchiCad, Sketch Up, ParaSol	Rapport med redovisad simulering och uppnått termiskt klimat per rum	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag. Samma modell som används för energiBERÄKNINGEN (import IFC till IDA) kan användas för att simulera termiskt klimat sommar på rumsnivå. Simulering måste ske för lokaler (som ofta har kylsystem), men för bostäder kan förenklad metod användas, kräver ungefär samma indata som solvärmelast. Liknande resonemang om möjligheterna med BIM som för 11. Termiskt klimat vinter.
12. Dagsljus	Beskrivning av omgivning (ritningar) samt skuggning (ritningar och text). Glasyta per fönster, fönsteregenskaper, koppla fönster till specifikt rum. Rumsytor samt markering av kritiska rum. Input från indikatorer 1. och 3. Kravställning termisk komfort samt dagsljusfaktor	Velux, Revit, ArchiCad, Sketch Up	Rapport med redovisad simulering/beräkning och uppnått dagsljusfaktor eller AF per rum	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag. Idag ritas byggnader/rum ofta upp i Sketch Up för att sedan importeras i Velux för att där genomföra simulering av dagsljusfaktor. Detaljer om byggdelen, t ex egenskaper och utförande från materialleverantör/materialdatabaser, kan kopplas till specifikt objekt inför modellbaserade simuleringar. Möjligt att koppla mätresultat till modell i bl a redovisningssyfte.

Miljöbyggnad indikatorer	Underlag till beräkning och analys	Urval av programvaror för stöd	Redovisning för certifiering idag	Diskussion nutid och framtid avseende att hantera indikatorer med BIM
13. Legionella	Ritningar och dokument som beskriver installationer, tappställen samt varmvattenberedning och cirkulation Drift- och underhållsinstruktioner		Ritningar Intyg Branschregler Säker Vatteninstallation Drift- och underhållsinstruktioner Uppmätt tappvarmvattentemperatur	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag. För framtida ändamål så skulle möjlighet att koppla samman modeller med information från materialdatabaser och att använda modeller för redovisning vara av intresse.
14. Dokumentation	Byggardeklarationen/ säkerhetsdatablad	Revit, ArchiCad	Loggboken	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag, ev inlogg till loggbok online. Redan definierad modellbaserad material- och bygghetsinformation (materialdatabaser) avseende mängd och placering skulle underlätta processen att ta fram underlag för loggboken. Produktinformation kopplad till modellen (Byggardeklaration / Säkerhetsdatablad kan då länkas)
15. Utfasning av farliga ämnen	Byggardeklarationen/ säkerhetsdatablad	Revit, ArchiCad	Loggboken kopplat till betyg i materialbedömningsystem	Uteslutande 2D- och dokumentbaserad redovisning idag, ev inlogg till loggbok online. Samma som föregående så skulle man kunna effektivisera processen genom att koppla samman modeller med information från materialdatabaser.

Teknik: möjligheter och utmaningar

Informationskompatibilitet avser handlingar och ritningar producerade av olika parter. Ett exempel är A-handlingar där informationskompatibilitet varierar kraftigt och ofta kräver handpåläggning i flera led för att det ska vara möjligt att göra vissa givna moment avseende en Miljöbyggnadscertifiering. Grundläggande för detta är val av projekteringsverktyg för 3D/BIM modellering, med tillkommande kompatibilitet, då mängden modellbaserad information som skapas varierar kraftigt från medverkande parter. Dessa verktyg innehåller inte alltid samma nivå av tillhörande information i form av egenskaper och metadata som behövs för beräkningar och analyser inför Miljöbyggnadscertifieringen. Till exempel kan modeller levereras med objekt som saknar beräkningsbar grafik och data som attribut och som identifierar dem för andra program.

En 3D modell som saknar materialegenskaper och beräkningsbar grafik måste exporteras till ett mellanhanteringsprogram där 3D modellens ytor kan ges projektspecifika materialegenskaper. Sketchup är ett exempel på programvara som fungerar i det syfte. Detta bidrar dock med dubbelarbete och involverar vanligen ytterligare personer som ofta inte är insatta i varken syfte (miljöcertifiering) eller omständigheter (projektet). Dessutom kan omständigheterna att bearbeta modellen med detta ”mellanhanteringsprogram” också innebära förändringar för modellen i ursprungsformat/programvara.

Att ha flera olika steg och personer som hanterar designändringar med potential att påverka ingående indikatorer är också en risk. Det kan visa sig i verifieringsskedet att även mindre ändringar, enskilda eller i kombination, har påverkat till den grad att viss miljöbyggnadsindikatorn inte visar sig uppfylla kraven längre. Att inte i tid upptäcka designval som kan påverka certifieringsprocessen kan bli kostsam för projektet.

Det föreligger dessutom fortfarande vissa avvikelser i kompetens avseende hantera dagens 3D/BIM programvaror samt besluta om ”rätt” geometriskt underlag, inklusive egenskaper och attribut, för senare analyser och beräkningar. Som exempel så sker kommunikation från arkitekt till konsult från modell i lokalt format konverterad till IFC-format, eller med lokalt/programspecifikt format om t ex analys/beräkningsprogrammet är plug-in program till BIM/CAD-programmet. Vilket format eller tillvägagångssätt som än används så är det viktiga att inblandade parter kan hantera att skapa och kommunicera information som alla ingående programvaror kan hantera.

Nilsson (2011) beskriver några typfall hur man kommunicera arkitektens underlag till konsult, i detta fall en energispecialist:

- Från ArchiCAD till IDA ICE: via exportmodul i ArchiCAD med ett inbyggt filter som tar bort icke relevant information och skapar en exportfil i IFC-format till IDA ICE
- Från ArchiCAD till VIP Energy: med EcoDesigner användas för en preliminär energiberäkning. Informationen exporteras sedan till VIP Energy via VUT-fil för mer ingående analyser.
- Från Revit till IDA ICE: Via programmodul i CQ-tools kopplad till Revit med ett inbyggt filter som tar bort icke relevant information och skapar en exportfil till IDA ICE.

- Från Revit till VIP Energy: Via programmodul i CQ-tools kopplad till Revit med ett inbyggt filter som tar bort icke relevant information och skapar en exportfil till VIP Energy.

Allmänt gäller dock att geometrin och dess egenskaper alltid i någon grad måste hanteras och anpassas av konsulten innan beräkning/analyser sker. ”Visuell granskning” av A-modell före export till IFC-modell av konsult kan göras med arkitektens lokala BIM/CAD program eller viewer, eller annan viewer på marknaden. Kvalitetskontroll av IFC-fil kan sedan ske med specifika programvaror, t ex Equa.

Engdahl och Hedlund (2012) listar upp BIM-verktyg som på olika sätt är relevanta för miljöcertifieringssystem.

Programvaruutveckling idag redovisar några intressanta initiativ för att lyfta kopplingen BIM och miljöcertifiering. Till exempel så har Autodesk ett arbete på gång med namnet: The Revit Credit Manager for LEED plug-in (USGBC, 2015) (se www.autodesk.com) vilket syftar till att automatisera LEED-beräkningar och samtidigt möjliggöra bättre beslutsunderlag i projekteringen utifrån ett miljöperspektiv.

I den senaste versionen (4.7) av IDA ICE finns stöd för sex indikatorer inom Miljöbyggnad. De sex indikatorerna är:

1. Energianvändning
2. Värmeeffektbehov
3. Solvärmelast
10. Termiskt klimat vinter
11. Termiskt klimat sommar
12. Dagsljus

Med hjälp av Miljöbyggnadsmodulen i IDA ICA kan då följande tas fram:

- A. Indatarapporter enligt SGBC:s dokument
- B. ”Egenkontroll/Checklista”
- C. Resultatrapporter
- D. Ackumulerad area
- E. Betyg per zon och indikator

Att hantera indata inför analyser/beräkningar är både tidskrävande och medför risk att göra fel som antingen påverkar slutresultatet eller helt enkelt ”stoppas upp” processen. Det finns därför ett stort behov att rationalisera denna process, speciellt avseende utbyte av geometrisk information.

Tekniska hinder såsom avseende utbyte av geometrisk information mellan programvaror grundar sig oftast från utbytesformatet som används eller brist på funktionalitet hos ingående programvaror – dels för att koppla egenskaper och funktion till specifika delar samt även avseende beräknings- och analyskapacitet.

Tekniken ställer även krav på bakåtkompatibilitet. Hur säkrar vi att vi kan hämta ut information ur BIM-modellen med kommande system och format? IT-utvecklingen går

betydligt fortare än tidsspannet för en konstruktion. Frågan kvarstår: hur kan man få access till en modell och dess information om ett antal år då man t ex skall planera inför en rivning?

Widell (2013) konstaterar stora möjligheter med att effektivisera de olika delarna i miljöbyggnadsprocessen med BIM men konstaterar frankt: ”möjligheterna att använda BIM inom alla dessa områden begränsas dock av tekniken. I dagsläget erbjuder inte BIM funktioner som är tillräckligt bra för att användas i stor skala”. Detsamma sammanfattas av Kettil och Sveder (2015) som också lyfter fram ”de mänskliga aspekterna” som ”en betydande bromskloss”.

För Miljöbyggnad gäller vissa givna principer att inkludera i projekteringen för att en byggnad ska kunna certifieras. Det finns begränsningar avseende hur och vad som kan byggas samt vad som är byggtekniskt och byggekonomiskt gångbart. En gemensam material- och produktdata bas kompatibel med arkitekters och konsulter BIM-modellering, där entreprenörer, underentreprenörer med flera själva kan gå in och registrera produkter för att hitta de gemensamma nämnarna, skulle underlätta tidiga val i projekteringen samt verifieringsprocessen från tidiga skede fram till genomförande och överlämningskedje genom tidigt bestämda förutsättningar. Just nyttorna med att få åtkomst till aktuell data om olika produkter, speciellt i tidigt skede, lyfts också av Buszman och Canel (2014). Dessa ser också stora möjligheter till effektivisering med, specifikt, loggboksprocessen med BIM.

Det kan upplevas begränsande att enas om både standardiserade byggdelar (samt dess BIM-motsvarighet), material och produktdatabaser, men det kan också ses som en förutsättning att förfina processen och göra den både mer synlig och transparent för alla involverade parter utan kostsamma överraskningar. Klart är att man får en mer tydlig bild av byggnadens faktiska prestanda om man tidigare får bättre underlag till analyser och beräkningar, vilket då underlättar att göra rätt design och materialval.

Också aktiva indikatorer såsom dagsljus, fönsterarea och golvarea bör finnas med som en faktor vid BIM-modellering. Detta innebär dock då troligtvis en iterativ process med möjligt datautbyte mellan olika parter. Vidare fortsatt utveckling av ”BIM-processen” kan till exempel vara att utveckla funktionalitet att spåra och länka information i modellerna för att effektivisera analys och beräkningsprocessen.

Processen: hinder eller möjliggörare?

Generellt kommer BIM in för sent i projekten. Ett skäl till detta kan vara att det saknas kunskaper hos beställaren och projekten om fördelarna med att använda BIM från tidigt skede i ett projekt. Ett annat skäl är att det kan vara svårt att motivera BIM-insatser tidigt, eftersom det då finns osäkerheter om projektet kommer att få tillstånd att fortsätta. Ett sätt att hantera detta är att skapa en strukturerad process för hur BIM-arbetet skall bedrivas i projekten. Genom att strukturera processen och definiera var i processen BIM-arbetet skall initieras säkerställs BIM-support vid rätt skede. Ett förslag på detta skulle kunna vara att projektet initialt använder en enklare arkitektmodell varefter projektet, efter beslut är taget om att projektet får starta, använder en mer avancerad BIM-modell.

Det saknas fortfarande kunskaper hos beställare och entreprenörer om fördelarna med att använda BIM i miljöbyggnadsarbetet, vilket också bekräftas av Kettil och Sveder (2015). Det upplevs ofta svårt att motivera den ekonomiska insats som BIM-support innebär och vi har idag inga data som visar hur projektet kan göra reella besparingar genom att använda BIM i miljöcertifieringsarbetet. För att göra denna typ av ekonomiska jämförelse krävs ytterligare studier, som har fokuserat på just denna del. För att lättare kunna visualisera rena ekonomiska vinster, baserat på den effektivisering som arbete med BIM innebär i ett miljöcertifieringsprojekt, var ett förslag från workshopen att testköra ett projekt, både traditionellt och med BIM, för att på det sättet kunna visualisera vinsterna i slutändan. De kvalitativa förbättringarna som arbetet med BIM också medför är ofta inte mätbara och kan upplevas vara svåra att kommunicera och visualisera. Redan nu finns det dock kvalitativa förbättringar identifierade som borde gå att kommunicera på ett effektivt sätt. Ett exempel på detta är möjligheten för beställaren att få ut all miljöbyggnadsinformation i en och samma modell.

Ett problem som många projekt upplever är att en beställare ställer krav på att man skall arbeta med BIM. Samtidigt finns det stor okunskap om vad kravet egentligen innebär och vad konsekvensen av kravet blir. Exempel på detta är att projektet har krav på sig att använda BIM, men beställaren är inte beredd att betala för den merkostnaden som en BIM-samordnare initialt medför. Även detta problem går att relatera till kunskapsbrist. En BIM-samordnare tar ansvar för att kontrollera att det finns en kompatibilitet och harmonisering mellan systemen och är en viktig pusselbit för att arbetet skall fungera optimalt. Genom att ha en strukturerad process och förankra processen genom tydliga avtal med beställare så ökar kunskaperna om vilka resurser som krävs för att arbetet skall fungera.

Idag saknar många arkitekter BIM-kunskaper, vilket gör att de ritningar som skapas senare kommer att behöva förändras för att klarar kraven som ställs. Bland annat är det ett problem att definition av ytorna i arkitektens ritningar inte är korrekta. Förslag på lösning är att skapa tydliga projekteringsanvisningar för BIM och att dessa finns med redan vid projektets start. För arkitekten skulle den kunna fungera som en kravlista till hur IFC-modellen skall vara definierad – vad som skall ingå och hur. Detta görs redan i dagsläget men med varierat resultat. En annan lösning är att skapa en gemensam BIM-manual i samarbete med SGBC för att stödja projekten. För t.ex. ett Miljöbyggnad Guld

projekt med betyg identifierat på respektive indikator skulle det då kunna finnas beskrivet exakt hur arbetet skall utföras och hur modellerna skall användas.

I projekteringsfasen är det vanligt att konsulter från olika företag arbetar i projektet och att alla kanske inte använder samma verktyg. Detta kan göra arbetet mer splittrat, försvåra kommunikation och detta påverkar även BIM-arbetet i miljöcertifieringen. Det är svårt för en konsult att i tidigt skede kunna påverka val av lösning och hur underlaget till analys/beräkningar definieras. Problemet skulle kunna avväjas genom att kravställningen på modellen är väl definierad och anpassad för nedströms arbete med t ex energiberäkning. Genom att ha väldefinierade avtal med alla intressenter kan man sedan reglera att arbetet sker enligt manual.

Det finns en juridisk osäkerhet idag om ägandeskap runt IFC filen och vem som ansvarar för modellens tillförlitlighet. I dagsläget är det svårt att presentera en lösning för detta, men det är viktigt att medvetengöra vikten av att detta definieras tydligare. Ansvaret behöver vara tydligt över vem som säkerställer att modellen är korrekt.

Även om det fortfarande kvarstår tekniska problem för att fullt ut kunna använda BIM friktionsfritt i miljöbyggnadsarbetet så var den generella uppfattning under workshopen att det är framför allt brister i arbetsprocessen som gör att det i dagsläget är svårt att implementera BIM i miljöbyggnadsarbetet. Med en fungerande process skulle många av de tekniska lösningarna kunna övervinnas.

SLUTSATSER

Dagens situation gällande BIM och Miljöbyggnad kan enligt detta projekt grupperas i fyra större områden där förbättringspotential finns för ett framtida nyttjande av BIM som stöd i Miljöbyggnadsprocessen. Dessa fyra områden är:

- 1) Kunskapsnivå projektörer
- 2) Utveckling av programvaror och utbytesformat
- 3) BIM-manual för Miljöbyggnad
- 4) Affärsmodell för BIM som stöd i Miljöbyggnadsprocessen

För att kunna vidareutveckla ovanstående områden har projektgruppen tagit fram en utvecklingsväg för respektive område. Detta görs för att generellt styra mot ett mer effektivt användande av BIM, och i detta sammanhang en ökad användning av BIM för att stödja Miljöbyggnadsprocessen:

- 1) Kunskapsnivån hos aktörerna i projekteringsskedet behöver höjas och även förståelsen för de olika aktörernas behov av modellinnehåll
- 2) Någon part inom samhällsbyggnadssektorn måste aktivt påverka utvecklingen och förvaltningen av programvaror för att möjliggöra att dessa kan stödja miljöcertifieringsprocessen på ett konstruktivt sätt
- 3) Någon part inom samhällsbyggnadssektorn bör äga och förvalta en BIM-manual som enbart inriktar sig på Miljöbyggnad
- 4) En affärsmodell som visar på de ekonomiska effekterna av nyttjandet av BIM i kombination med Miljöbyggnad bör tas fram, dels som underlag för ökat nyttjande men även som ett marknadsincitament för programvarutillverkare

Projektgruppen har i diskussion med intressenter för detta projekt kommit fram till konkreta fortsättningar inom respektive området:

- 1)
 - Utbildningspaket för projektörer med fokus på kravställning på modellen och hantering av brister i utbytesformat. Utbildning kan tas fram av varje individuellt företag eller av andra intressenter (t.ex. större utbildningsaktörer, programvarutillverkare, BIM Alliance Miljö och Energi m.fl.)
- 2)
 - Ytterliga utvecklingsprojekt inom ramen för bl.a. SBUF med involverade intressenter från programvaruindustrin. Detta bör dock göras med hänsyn till att marknaden för Miljöbyggnad kan anses vara för liten för produktutveckling av mjukvara. Detta arbete bör därför samsynas med kravställning för större internationella certifieringssystem.
 - Utvärdering och test av till dagens datum förekommande programvaruinitiativ kopplade till miljöcertifiering. Det kan ske antingen på företagsnivå eller på nationell nivå med samordning av BIM Alliance Miljö och Energi och /eller SGBC

3)

- SGBC och BIM Alliance Miljö och Energi kan i samråd utveckla och förvalta en BIM-manual för Miljöbyggnad
- Alternativt kan ytterligare utvecklingsprojekt inom ramen för bl.a. SBUF ta fram detta och överlämna till en aktiv förvaltare, förslagsvis SGBC

4)

- Ytterligare utvecklingsprojekt inom ramen för bl.a. SBUF där affärsnyttorna med BIM bryts ner med hänsyn till Miljöbyggnad specifikt eller till miljöcertifieringssystem generellt
- Projekt som nyttjar BIM-modellen för att stödja arbetet med Miljöbyggnad kan utvärderas med ett jämförbart traditionellt projekt för att bedöma utfall.

LITTERATURFÖRTECKNING

Autodesk, 2015. [Online]

Available at: <http://www.autodesk.se/products/revit-family/overview>

BRE, 2015. *What is BREEAM?*. [Online]

Available at: <http://www.breeam.org/about.jsp?id=66>

buildingSMART, 2015. International home of openBIM. [Online]

Available at: <http://www.buildingsmart-tech.org/>

Equa, 2015. IDA Indoor Climate and Energy. [Online]

Available at: <http://www.equa.se/en/ida-ice>

Graphisoft, 2015. [Online]

Available at: <http://www.graphisoft.com/archicad/>

Lindab, 2014. TEKNOSim. [Online]

Available at: <http://www.lindab.com/se/pro/laddaner/programvaror/ventilation/pages/teknosim.aspx>

LTH, 2015. ParaSol. [Online]

Available at: <http://www.ebd.lth.se/program/parasol/>

Miljömärkning Sverige AB, 2015. *Svanenmärkta Hus*. [Online]

Available at: <http://www.svanen.se/Vara-krav/Svanens-kriterier/kriterie/?productGroupID=52>

Progman Oy, 2015. [Online]

Available at: <http://www.magicad.com/sv>

SBUF, 2011. *SBUF 12420 Slutrapport Effektivisering av energianalyser med stöd av BIM*. [Online]

Available at: <http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/7aa554c2-ff37-490a-bf2d-4413c452a473/FinalReport/SBUF%2012420%20Slutrapport%20Effektivisering%20av%20energianalyser%20med%20stöd%20av%20BIM.pdf>

SBUF, 2015. *BIP för bygg - SBUF ID 13 014*. [Online]

Available at: <http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/80ed5fe8-1ae0-4941-9efc-119f63500968/FinalReport/SBUF%2013014%20Slutrapport%20BIP%20Bygg.pdf>

SGBC, 2014a. *Miljöbyggnad - miljöcertifiering utifrån svenska förhållanden*. [Online]

Available at: <http://www.sgbc.se/docman/miljobyggnad-2014/441-2-2-141001-mb-metodik-vers-141017/file>

SGBC, 2014b. *Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader*. [Online]

Available at: <http://www.sgbc.se/docman/miljobyggnad-2014/442-2-2-141001-mb-nyproduktion-vers-141017/file>

SGBC, 2014c. *Bedömningskriterier för befintliga byggnader*. [Online]
Available at: <http://www.sgbc.se/docman/miljobyggnad-2014/440-2-2-141001-mb-befintliga-vers-141017/file>

SGBC, 2015a. *LEED - Världens mest spridda certifieringssystem*. [Online]
Available at: <http://www.sgbc.se/docman/om-sweden-gbc-2014/332-infoblad-leed-2014/file?Itemid=446> SGBC, 2015b. *BREEAM - Världens mest använda system, nu i svensk anpassning*. [Online]
Available at: <http://www.sgbc.se/docman/om-sweden-gbc-2014/330-infoblad-breem-2014/file?Itemid=446>

Solibri Inc, 2015 [Online]
Available at: <http://www.solibri.com/>

StruSoft AB, 2015. *VIP-Energy*. [Online]
Available at: <http://strusoft.com/products/vip-energy>

Trimble Navigation United, 2015. *SketchUp*. [Online]
Available at: <http://www.sketchup.com/>

USGBC, 2015. *Autodesk Apps for LEED® Automation*. [Online]
Available at: <http://www.usgbc.org/resources/autodesk-apps-leed-automation>

Velux, 2015. *Velux Daylight Visualizer*. [Online]
Available at: <http://viz.velux.com/>