

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP





## **Forord**

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi(IMT) ved Universitetet for miljø-og biovitenskap(UMB) og markerer avslutningen på masterstudiet Byggeteknikk og arkitektur. Oppgavens omfang er 30 studiepoeng og avsluttes våren 2012.

Studiet på Ås har gitt meg gode forutsetninger for å skrive denne oppgaven som skal omhandle bygningsinformasjonsmodellering(BIM) sammen med miljøklassifiseringsverktøyet BREEAM-NOR. Kunnskapen og erfaringene fra studiet gir meg i tillegg et stort fortrinn når jeg nå skal ut i arbeidslivet og jobbe med byggetekniske ingeniørfag. Å avslutte studiet med en selvstendig oppgave på 30 studiepoeng ser jeg på som en stor utfordring, både faglig og personlig, men mest av alt som en mulighet til å tilegne meg ny kunnskap.

Takk skal rettes til mine veiledere Eilif Hjelseth(BIM) og Leif D. Houck ved UMB og IMT, og alle som har lest korrektur og vært tålmodige med meg i denne hektiske tiden.

Ås, mai 2012

---

Maria Kristiansen



## Sammendrag

Temaet for denne oppgaven er Bygningsinformasjonsmodellering(BIM) og muligheten for at byggeprosjekter kan benytte denne teknologien som et hjelpemiddel for å innfri kriterier og dermed oppnå poeng i miljøklassifiseringssystemet BREEAM-NOR.

Med samfunnets økende fokus på miljø og energieffektivisering kan BREEAM-NOR være et verktøy for å sette fokus på dette i byggebransjen. BIM kan i denne sammenheng gjøre arbeidet med å klassifisere et prosjekt enklere. For å avgrense oppgaven er det valgt å kun analysere ett av de ti kapitlene i BREEAM-NOR, kapitlet Helse og Inneklima.

For å kunne benytte BIM til dette formålet avhenger det i hovedsak av to faktorer. At det er mulig å trekke ut entydig informasjon fra kriteriene i Helse og Inneklima, og at denne kan lagres i en bygningsinformasjonsmodell(BIM). For denne masteroppgaven bør informasjonen lagres som det standardiserte formatet, IFC, i form av objekter som er tilegnet egenskaper, spesifikasjoner og relasjoner til andre objekter.

Metoden som hovedsakelig er benyttet i denne oppgaven er en egnethetsanalyse. Denne er gjennomført på en objektiv og strukturert måte for å få mest mulig troverdige resultater. Hovedprinsippet i analysen har vært å identifisere objekter og objektinformasjon fra kriteriene i BREEAM-NOR, Helse og Inneklima, og ut ifra dette vurdere hvor egnet dette kapitlet er for å benytte BIM som et hjelpemiddel for å oppnå poeng. Deretter er det utført en dypere analyse av to av kriteriene og utarbeidet et forslag til IDM for disse for å vise hvordan en BIM-prosess kan foregå.

Resultatene av analysen viser i hovedtrekk at kapitlet Helse og Inneklima i BREEAM-NOR egner seg godt for implementering i BIM da hele 10 av i alt 14 kriterier kan oppnå totalt mulige poeng ved å benytte denne teknologien. Videre kan tre av kriteriene delvis benytte BIM for oppnåelse av poeng. Kun ett kriterium ble vurdert til at det ikke er hensiktsmessig å benytte BIM som et hjelpemiddel til oppnåelse. Der et kriterium eller en paragraf er vurdert til å ikke kunne implementeres i BIM er det i hovedsak fordi kravene ikke kan relateres til bygningsmodellen.



## **Abstract**

The topic of this thesis is Building Information Modeling (BIM) and how construction projects can use this technology as a tool to meet the criterias and thus obtain points in the environmental classification system BREEAM-NOR.

With society's increasing focus on the environment and energy efficiency BREEAM-NOR can be a tool to focus on this topics within the construction industry. In this context BIM can do the work to classify a project easier. The purpose of the thesis will be to consider the possibility of simplifying the classification process using BIM. In order to define the thesis it's chosen to analyze only one of the ten chapters in BREEAM-NOR, the chapter Health and Indoor Climate.

In order to use BIM for this purpose, it depends mainly on two factors. It has to be possible to extract precise information from the criterias in the Health and Indoor Climate chapter, and then store this information in a Building Information Model (BIM). For this thesis purpose the information should be saved as the standardized format, IFC, as objects acquired characteristics, specifications, and relationships to other objects.

The method mainly used in this thesis is a suitability analysis. The analysis is done in a most objective and structured way in order to get the most reliable results. The main principle of the analysis was to identify objects and object information from the criterias in the BREEAM-NOR, Health and Indoor Climate, and from this consider the suitability of this chapter to use BIM as a tool to achieve points. Afterwords it is performed a deeper analysis of two of the criterias and composed a proposition for an IDM for these two to show how a BIM process can be carried out.

The results of the analysis shows that in the main section Health and Indoor Climate in the BREEAM-NOR is well suited for implementation in BIM since as much as 10 of the 14 criterias is considered to be able to meet all paragraphs using this technology. Furthermore, three of the criterias can in part use BIM for achievement of points. Only one criterion was considered not to be suitable for using BIM as a tool for achievement. Where a criterion or a paragraph is considered not to be implemented in BIM, it is mainly because the requirements can not be directly related to the building model.

## Innholdsfortegnelse

Forord .....	1
Sammendrag .....	3
Abstract.....	5
Innholdsfortegnelse.....	6
Figurliste .....	8
Tabelliste .....	8
1. Innledning .....	9
1.1 Utfordringer og muligheter i byggenæringen. ....	9
1.1.1 Miljøansvar .....	9
1.1.2 Miljøklassifisering i Norge.....	9
1.1.3 Verdiskaping med BREEAM-NOR. ....	10
1.1.4 Paradigmeskifte med BIM .....	10
1.1.5 Utfordringer med BIM .....	11
1.1.6 Behovet for standardisering.....	11
1.1.7 Forretningsprosesser og IDM.....	12
1.1.8 BREEAM som forretningsprosess .....	13
1.1.9 BIM og BREEAM sett i en sammenheng.....	13
1.2 Arbeidet frem mot endelig problemstilling .....	14
1.3 Problemstilling .....	15
1.3.1 Avgrensning.....	15
1.3.2 Forutsetninger for forfatteren .....	16
1.3.3 Forutsetninger for BREEAM i åpenBIM.....	16
1.4 Kildebruk.....	17
1.5 Definisjoner.....	18
2. Teori .....	19
2.1 BIM – Building Information Model/Modeling .....	20
2.2 Fra fag-BIM til åpenBIM.....	21
2.3 IDDS .....	22
2.3.1 IDDS i denne oppgaven .....	22
2.3.2 IDDS om mennesker, prosesser og teknologi.....	23
2.3.3 Fire hovedelementer i IDDS .....	24
2.4 åpenBIM med fokus på IDM .....	25
2.4.1 IFC - Industry Foundation Classes .....	26
2.4.2 IFD – International Framework for Dictionarys .....	27
2.4.3 IDM - Information Delivery Manual .....	28
2.5 Modellsjekking .....	33
2.6 Miljøklassifisering .....	34



## Vurdering av egnethet for implementering av BREEAM-NOR, Helse og Inneklima, I BIM

2.6.1	Relevante organisasjoner .....	34
2.7	BREEAM og BREEAM-NOR .....	36
2.7.1	BREEAM-systemet .....	37
2.7.2	Oversikt over kategorier og hovedområder i BREEAM-NOR. ....	38
2.7.3	Faser for klassifisering .....	38
2.7.4	Kort innføring i poenggiving og vektning i BREEAM-NOR .....	39
2.7.5	Grenseverdier .....	39
2.7.6	Vektning .....	40
2.7.7	Minstestandarder .....	41
2.7.8	Innovasjonspoeng .....	41
2.7.9	Outstanding .....	42
2.8	Helse og Inneklima .....	43
2.8.1	Dagslys og belysning .....	44
2.8.2	Termisk komfort og luftkvalitet .....	45
2.8.3	Akustisk ytelse .....	45
3.	Metode .....	46
4.	Gjennomføring .....	47
4.1	Analyse av Helse og Inneklima .....	47
4.2	Analyse av Hea 1 – Dagslys .....	64
4.2.1	Kriteriet Hea 1- Dagslys .....	64
4.2.2	Kommentarer til Hea 1 - Dagslys .....	66
4.3	Analyse av Hea 2 – Utsyn .....	73
4.3.1	Kriteriet Hea 2 - Utsyn .....	73
4.3.2	Kommentarer Hea 2 – Utsyn .....	74
5.	Resultater .....	77
5.1	Resultater fra analyse av kapittelet Helse og Inneklima .....	77
	Resultattabeller: .....	79
5.2	Oppbyggingen av en IDM for Hea 1 og Hea 2: .....	80
	Prosesskart: .....	80
6.	Diskusjon .....	84
7.	Konklusjon .....	86
8.	Videre arbeid .....	87
	Referanser .....	88

## Figurliste

Figur 1 - Illustrerer utveksling av informasjon før BIM. ....	10
Figur 2 - Kommunikasjon i et byggeprosjekt før og etter åpenBIM. ....	12
Figur 3 - BIM-hjulet viser hvilke prosesser som leverer informasjon til BIM-databasen. ....	20
Figur 4 - Utviklingsperspektivet til IDDS. ....	22
Figur 5 - Påvirkningen av de 4 hovedelementene i IDDS på mennesker, prosesser og teknologi. ....	24
Figur 6 - BIM-trekanten. ....	25
Figur 7 - Eksempel på IFC-entiteter. ....	26
Figur 8 - Entitetene har blitt tilegnet utvidet informasjon fra IFD-biblioteket. ....	27
Figur 9 - Illustrerer spesifisert utveksling av informasjon fra IDM til relevant aktør. ....	28
Figur 10 - IDM rammeverk. ....	29
Figur 11 - Utvekslingskrav(ER) som koplingen mellom prosess og data. ....	31

## Tabelliste

Tabell 1 Kategorier og hovedområder i BREEAM-NOR. ....	38
Tabell 2 Grenseverdier i BREEAM-NOR. ....	39
Tabell 3 Vekting av miljøområdene i BREEAM-NOR. ....	40
Tabell 4 Krav til minstestandarder i BREEAM-NOR. ....	41
Tabell 5 Kriterier og poeng i Helse og Inneklima. ....	43
Tabell 6 Resultater BIM-relevans og involverte rådgivere. ....	79
Tabell 7 Prosentmessig oppnåelse av BREEAM-NOR i forhold til BIM-relevans. ....	79

## 1. Innledning

I denne delen av oppgaven skal leseren først få en liten innføring i temaene som danner grunnlaget for valg av problemstilling.

### 1.1 utfordringer og muligheter i byggenæringen.

#### 1.1.1 Miljøansvar

Dagens samfunn står foran en rekke utfordringer når det gjelder å ta vare på det miljøet vi lever i, og det er i dag et stort fokus på mulighetene for å redusere klimagassutslipp og spare energi. På disse områdene kan byggesektoren spille en viktig rolle de neste årene.

Byggenæringen står i dag for om lag 14% av klimagassutslippene i Norge, og omkring 40% av stasjonær energibruk går til oppvarming og drift av bygninger. (Byggenæringens Landsforening 2011) Her er potensialet for å redusere miljøbelastningene stort, noe som gjør at myndighetene stadig strammer inn kravene på disse områdene. For å imøtekomme disse kravene står det sentralt å bygge energieffektive bygg. I Norge er Statsbygg en ledende aktør på nettopp miljøriktige og energieffektive bygg, og definerer 4 satsningsområder for sine miljømål i perioden 2011-2014 (Statsbygg 2011):

- **Energibruk:** Ambisjoner om å ligge "ett skritt foran" og oppfylle det som forventes i fremtidige forskriftskrav.
- **Materialbruk:** Det må foreligge troverdig dokumentasjon på valg av produkter og løsninger.
- **Lokalisering:** Sentrumsnær lokalisering av bygg, med tilgang til gode kollektive reisemuligheter.
- **Intern virksomhet:** Gjøre det lett for brukeren av bygget å ta "grønne" valg i arbeidshverdagen.

Når det gjelder Europa så har EUs bygningsenergidirektiv kommet med et krav om at nybygg skal være "nestennullenergibygninger" innen 2020. (Statsbygg 2011) Med dette er også fremtidens ambisjoner om å bygge plusshus ikke lenger utenkelige.

#### 1.1.2 Miljøklassifisering i Norge

For å kunne imøtekomme disse ambisjonene kan det være viktig at det finnes noen pådrivere og frontfigurer i bransjen. Disse bør gjøre som for eksempel Statsbygg, å tørre og ta ett steg videre utover forskriftskravene for å levere innovative løsninger. For få år siden begynte tendensen å melde seg hos flere aktører, og utviklerne startet med å levere god miljømessig kvalitet i byggene. Med dette kom også behovet for å synliggjøre forskjellen på

grå og grønne bygg, og arbeidet mot å innføre et klassifiseringssystem i Norge kunne begynne. (Norwegian Green Building Council 2011)

### 1.1.3 Verdiskaping med BREEAM-NOR.

I dag kan også verdiskaping være en viktig motivasjonsfaktor for at utbyggere skal satse på miljø i prosjektene sine. BREEAM-NOR er det første helhetlige klassifiseringsverktøyet for bygg i Norge. I følge NGBC representerer dette, med sine krav til miljøkvaliteter, verdiskaping for hele verdikjeden i et byggeprosjekt. Verdiskaping i form av at prosjekter med en BREEAM-klassifisering vil kunne få økt verdi, økt levetid, bedre utleieobjekter og bedre omdømme. (Norwegian Green Building Council 2011) Energieffektivisering og bruk av fornybare energikilder er blant temaene som skal heve miljøstandarden i prosjektene.

### 1.1.4 Paradigmeskifte med BIM

Med utviklingen av BIM og åpenBIM har det skjedd store omveltninger i arbeidsmetoder innenfor byggenæringen de siste årene. Mange mener at næringen står ovenfor et paradigmeskifte. (Steen 2011) Statsbygg kom i 2007 med kunngjøringen om at de satser på å bruke BIM i alle sine bygg og byggeprosjekter i løpet av 2010. (Statsbygg 2007) Dette medførte at hele bransjen fikk et større fokus på å bruke BIM. Teknologien medfører ikke bare digitalisering og standardisering av informasjon og formater innenfor alle faser i et byggeprosjekt, men også en endring i hvordan prosjektorganisasjonen fungerer. Nye rutiner, arbeidsoppgaver, arbeidsroller og samarbeidsformer medfører til sammen nye arbeidsprosesser i prosjektet. Essensielt med teknologien står likevel det å håndtere kompleks bygningsinformasjon og dokumentasjon på en ryddig måte. (buildingSMART Norge 2011)



Figur 1 – Illustrerer hvordan utveksling av informasjon kunne se ut før BIM. (Davis 2011)

*” - Jeg har sett prosjekter hvor det er involvert opptil 115 forskjellige dokumenttyper og formater. Man kan bare forestille seg hvor mye ineffektivitet, rot og tid dette innebærer.”*

- Rolv Møll Nilsen i Logiq AS.(Steen 2011)

Håndteringen bør først og fremst foregå digitalt, på åpne formater. Disse formatene skal gjøre det mulig å utveksle kvalitetssikret informasjon mellom fagmodeller i alle faser i et byggeprosjekt på en systematisk måte. Det er denne utvekslingen av informasjon som er hovedformålet med åpenBIM-teknologien. Når næringen implementerer dette i sine prosjekter, er det langsiktige målet å skape verdi ved en mer ressurseffektiv byggeprosess.(buildingSMART Norge 2011)

*” - Med åpenBIM kan alle prosesser målrettes, effektiviseres og bidra til optimal kvalitet i prosjektene.”*

- Sten Sunesen, buildingSmart Norge.(Iversen 2011)

### **1.1.5 utfordringer med BIM**

En av utfordringene ved å ta i bruk BIM i et prosjekt kan være manglende kunnskap og kompetanse hos aktørene. Det er stadig flere standarder og programmer som bør læres, og hvis ikke aktørene innehar den rette kunnskapen kan teknologien virke mot sin hensikt. Men det er ikke bare teknologien som må læres. Aktørene må også ha kunnskap om hvordan alle prosesser utarter seg og hvilke samarbeidsmetoder som egner seg i de forskjellige fasene i et prosjekt. Ved bruk av BIM kan det for eksempel være viktig at alle aktører jobber parallelt i hele prosjekteringsfasen, fra start til slutt. Ikke bare arkitekter og rådgivere, men også entreprenører. Dette krever blant annet en ny fordeling av roller og ansvar i prosjekteringsgruppen. IDDS er et konsept utviklet som et hjelpemiddel for å ivareta både samarbeidsprosesser og teknologi ved bruk av BIM. IDDS forklares nærmere i teoridelen kapittel 2.3.

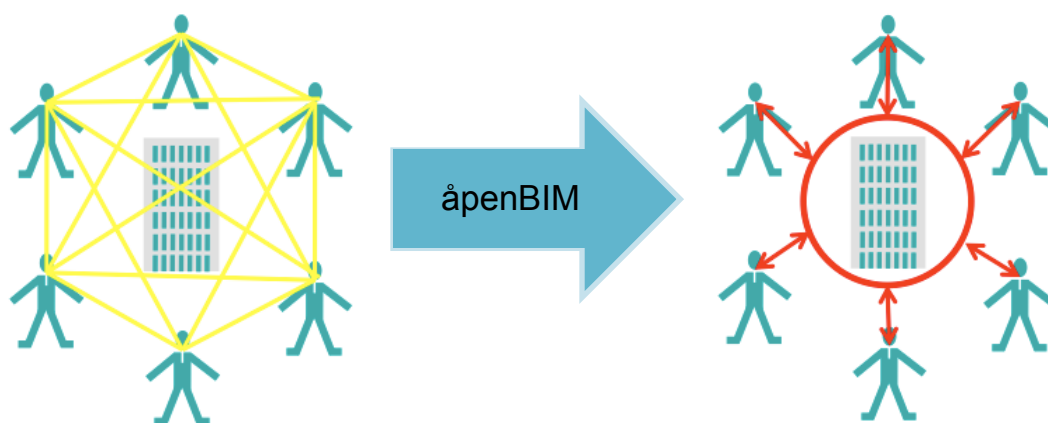
*” - BIM krever et samspill mellom teknologi, ferdigheter og prosesser.”*

- Anita Moum, Sintef Byggforsk.(Seehusen 2008)

### **1.1.6 Behovet for standardisering**

Med ny teknologi som krever nye og tettere samarbeidsformer kommer også behovet for standardisering. Den første av de tre åpenBIM-standardene som finnes i dag har forkortelsen IFC og ble lansert i 1997.(Seehusen 2008) Denne ble utviklet for å lette samhandlingen mellom de involverte partene i et byggeprosjekt ved at ulike programvare skulle kunne lese og skrive til det samme filformatet. På denne måten ville det bli lettere å utveksle relevant

informasjon mellom fagene og modellene. Med denne kom også behovet for å standardisere terminologien i informasjonen som ble utvekslet. Denne standarden foreligger i dag som et referansebibliotek, kalt IFD, som gjør det mulig med entydig tolkning av informasjon uavhengig av programvare og språk. Med disse to standardene har næringen også møtt på et stadig større behov for gode arbeidsprosesser i prosjektene. Når flere aktører skal samarbeide tett krever dette god koordinering av arbeidsoppgavene. Dette la grunnlaget for at den siste standarden i åpenBIM-teknologien, IDM, ble lansert i 2010. Denne gir en beskrivelse av hvordan disse prosessene bør kartlegges og koordineres, og også hvilken informasjon som er relevant i hver enkelt arbeidsprosess. Når disse tre standardene er på plass vil det bli lettere å jobbe aktivt mot ambisjonene om sømløs samhandling i hele verdikjeden i et byggeprosjekt, gjennom hele prosjektets levetid. (Steen 2011)



**Figur 2 - Kommunikasjon i et byggeprosjekt før og etter åpenBIM. (buildingSMART Norge 2011)**

### 1.1.7 Forretningsprosesser og IDM

Det kan stilles en rekke ulike krav til prosesser i et byggeprosjekt. Noen av disse kan være uavhengige av byggherren, og foreligger som standardiserte nasjonale eller internasjonale krav. Andre krav kan være opp til byggherre å velge å imøtekomme. Det kan være at byggherre bestemmer at prosjektet skal følge en bestemt miljøprofil, som for eksempel at det skal oppnå et bestemt klassifiseringsnivå i BREEAM-NOR. For å nå dette målet avhenger det av mange faktorer, som for eksempel design, materialbruk og energiløsninger. Dette krever gode prosesser i prosjektet. Det kan derfor være hensiktsmessig å utarbeide en beskrivelse, en manual, for alle de involverte fagaktørene. Denne bør beskrive alle arbeidsprosessene i utviklingen av prosjektet. Med dette kan det bli lettere for de involverte å arbeide parallelt så veien frem mot en BREEAM-klassifisering blir en godt koordinert prosess. Dette kan kalles en forretningsprosess. Med denne manualen vet alle de involverte hva de skal levere til enhver tid i prosjektet for å nå dette spesifikke målet. Beskrivelsen av

hvordan slike prosesser bør gjennomføres er standardisert i en av de tre standardene for åpenBIM og kalles IDM(Information Delivery Manual).

### **1.1.8 BREEAM som forretningsprosess**

Det britiske miljøklassifiseringssystemet BREEAM er i dag på full fart inn i den norske byggenæringen etter lanseringen av den norske tilpasningen, BREEAM-NOR, høsten 2011. Fra utviklerne sin side er det store forventninger til at dette skal bli et satsningsområde i mange byggeprosjekter de nærmeste årene. Med denne satsningen er det også et behov for å se på mulighetene for hvordan den stadig mer utbredte teknologien i BIM og åpenBIM kan benyttes som et hjelpemiddel for å oppnå poeng i BREEAM-NOR. I denne sammenheng kan BREEAM sees på som en forretningsprosess. Dette fordi det er byggherre som avgjør hvilket BREEAM-klassifiseringsnivå som skal være målsettingen for hvert enkelt prosjekt.

### **1.1.9 BIM og BREEAM sett i en sammenheng**

Hvis det skal nevnes en sammenheng mellom BIM og BREEAM i denne oppgaven, kan det være at begge kan ha fordel av å implementeres tidlig i prosjekteringsfasen. BREEAM-NOR for å kunne ha muligheten til å oppnå en forhåndsklassifisering i tidlig fase, og BIM for å gi alle involverte aktører i et prosjekt muligheten til å benytte en felles BIM-modell gjennom hele prosjekteringen. For å kunne oppnå en forhåndsklassifisering i BREEAM-NOR kan det være hensiktsmessig å benytte en BIM-modell som et hjelpemiddel for å kunne dra nytte av modellsjekking og simuleringer.

## **1.2 Arbeidet frem mot endelig problemstilling**

Problemstillingen har endret seg flere ganger underveis i arbeidet, ettersom forfatteren har funnet mer hensiktsmessige tilnæringsmuligheter. I startfasen var planen å gjennomføre en analyse av hele BREEAM-NOR. Oppgaven var å gjøre en systematisk gjennomgang av alle kriteriene for å finne ut om paragrafene bestod av strukturert og entydig tekst som kunne la seg implementere som regler i et modellsjekkingsverktøy. Dette ville da kunne lette arbeidet til de prosjekterende ved at modellsjekkeren kunne gi et direkte resultat på om prosjektet har oppnådd BREEAM-NOR-poeng eller ikke. Oppgavens resultat skulle foreligget som en tabell med alle kriteriene i systemet med de tilhørende funnene.

Ettersom arbeidet med BREEAM tiltok, ble det etter hvert konstatert at denne formen for tilnærming var lite hensiktsmessig for dette systemet. Dette fordi flere av temaene og mange av kriteriene i systemet er lite strukturerte og ofte ikke har noen sammenheng med fysiske bygningselementer, noe som vil være en forutsetning for å kunne sjekke det i en modellsjekker. Forfatteren kunne likevel valgt å gå videre med denne oppgaven, for så å konkludere med at BREEAM i sin helhet ikke vil være et passende system for å dra nytte av det arbeidet som en modellsjekker kan gjøre.

Isteden valgte forfatteren å fokusere på ett av de ti kapitlene i BREEAM-NOR, kapitlet Helse og Inneklima. Valget falt på dette kapitlet fordi kriteriene hovedsakelig involverer den fysiske bygningskroppen, noe som er avgjørende for å kunne benytte modellsjekking som et hjelpemiddel. Etter analysen av dette kapitlet i forhold til et BIM-formål, er det videre valgt å utarbeide et forslag til IDM for to av kriteriene i dette kapitlet. Dette for å vise hvordan en BIM-prosess kan foregå i praksis.



### 1.3 Problemstilling

Hovedfokuset i oppgaven har vært å se på mulighetene for å implementere BREEAM-NOR i et BIM-samarbeid, spesielt med hensyn på informasjonsutveksling fra fagmodellene til IFC-modellen. Formålet med dette arbeidet er å kunne lette jobben med klassifiseringen ved å integrere kriteriene i en avgrenset og oversiktlig prosess. Aktørene, som for eksempel arkitekten, vil da til enhver tid vite hva som må leveres i IFC-modellen for å oppnå de respektive BREEAM-NOR-poengene. Dette vil for denne oppgaven foregå ved at det utarbeides IDM-er for enkelte av kriteriene i BREEAM-NOR.

Problemstillingene blir ut fra dette:

- Hvordan kan kriteriene i kapittelet *Helse og Inneklima* i BREEAM-NOR implementeres i et BIM-samarbeid?
- Hvordan kan et forslag til IDM-er for kriteriene Hea 1 og Hea 2 i BREEAM-NOR se ut?

#### 1.3.1 Avgrensning

Det er valgt å avgrense oppgaven til å analysere kapittelet *Helse og Inneklima* i BREEAM-NOR, med spesielt fokus på kriteriene Hea 1 og Hea 2. Dette kapittelet sees på som relevant å implementere i BIM og åpenBIM fordi alle kriteriene ser ut til å omhandle den fysiske bygningskroppen og dermed faktorer som mulig kan identifiseres i en bygningsmodell.

BREEAM-NOR klassifiserer fire typer bygg. Det er valgt å kun analysere kriterier som gir poeng til kontorbygg. Det er også valgt å se bort fra paragrafene som omhandler mønstergyldig nivå, da disse som oftest vil bygge på de samme faktorene og beregningene som resten av det aktuelle kriteriet.

For oppgaven sin del har det vært viktig å se på de mulighetene til målrettet arbeid som ligger i prosessen før bygget får en eventuell BREEAM-NOR forhåndsklassifisering. Dette vil hensiktsmessig foregå ved at de respektive aktørene selv har ansvaret for at under utviklingen av modellen så møter den hele tiden kravene i BREEAM-manualen, spesielt med hensyn på at den inneholder relevant objektinformasjon. Denne informasjonen vil være beskrevet i en IDM.

BREEAM-NOR inneholder flere kriterier som krever at det skal følges eksterne dokumenter, for eksempel standarder og byggdetaljblader. I disse eksterne dokumentene vil det igjen være krav til for eksempel designløsninger og materialbruk. Da disse kravene ikke har direkte tilknytning til BREEAM-NOR-manualen, vil de derfor ikke bli vurdert denne oppgaven. Det altså ikke tatt hensyn til hva som kreves av spesifikk informasjon i modellen fra eksterne dokumenter.

Når det gjelder BIM er det valgt å fokusere på hva som må ligge til grunn for å kunne dra nytte av modellsjekking, og prosessen frem mot å utvikle en IDM,. Det er også lagt spesielt vekt på at informasjonen som utveksles i et slikt BIM-samarbeid må være kvalitetssikret og entydig.

### **1.3.2 Forutsetninger for forfatteren**

En av de viktigste forutsetningene for å kunne gjennomføre denne oppgaven er at forfatteren har gode kunnskaper om teorien. Det har vært essensielt å få en helhetlig forståelse av temaene, og ikke bare godta det som blir lest først. Det er derfor brukt mange kilder for å kvalitetssikre teorien. Dette hovedsakelig for å kunne sette seg inn i arbeidet med å utarbeide IDM-er. Det er mye teori, og teknisk teori, og det har vært utfordrende å forstå sammenhengen mellom all teorien og temaene uten å ha utført noe praktisk arbeid. Det er allikevel valgt å se bort fra praktisk tilnærming til oppgaven.

### **1.3.3 Forutsetninger for BREEAM i åpenBIM**

Den viktigste forutsetningen for å kunne implementere BREEAM-NOR i et åpenBIM-samarbeid er at det fremlegges rett informasjon til aktørene om hvordan prosessene frem mot en klassifisering skal foregå. Både BIM og BREEAM er relativt nytt i byggebransjen. Med utbredelsen av disse vil det komme et behov for å utvikle et oversiktlig system som involverer alle relevante aktører i tilhørende relevante prosesser i prosjektet. Dette systemet vil hensiktsmessig ligge lagret i en BIM-server, der alle aktørene i det enkelte prosjektet finner spesifikk informasjon om sine respektive arbeidsprosesser.

Teknisk sett vil det være relevant for denne oppgaven at de kriteriene i BREEAM-NOR som skal implementeres i BIM krever riktig type informasjon, nemlig informasjon som kan lagres og utveksles i en bygningsmodell.

#### **1.4 Kildebruk**

Å lete frem relevant litteratur til oppgaven har vært viktig for forfatteren. Når det gjelder teorien om BIM og åpenBIM er det valgt å fokusere på den litteraturen som finnes hos Statsbygg og buildingSMART. Statsbygg er utvalgt fordi det var en av de første aktørene i Norge som ville satse på denne teknologien i sine prosjekter. I dag kan de sies å være en pioner i arbeidet med BIM, og lanserte sin BIM-manual versjon 1.2 i oktober 2011.(Statsbygg 2011) buildingSMART, som har ansvaret for utvikling og vedlikehold av teknologien i åpenBIM har vært en viktig kilde da det er de som besitter kvalitetssikret teori på dette området.

Det er også brukt noen tidligere masteroppgaver som veiledning for denne oppgaven. Først kan det nevnes oppgaven til Natalia Marszalek, "BIM og mekaniske forbindelser i trekonstruksjoner". Denne, sammen med oppgaven til Anders Qviller, "Implementering av BIM hos entreprenør med fokus på mengdeuttak i kalkulasjonsprosessen" har vært gode støtter for å forstå den store sammenhengen i teknologien, både med hensyn på BIM og åpenBIM, og spesielt utviklingen av IDM.

Teorien om BREEAM er hovedsakelig hentet fra BREEAM-NOR 1.0 som ble lansert i oktober 2011. I tillegg er det også her brukt en masteroppgave for veiledning og forståelse, oppgaven til Jonas Gran, "Using BIM to facilitate BREEAM processes in the design phase". Øvrige kilder er spesifisert i oppgaven.

## 1.5 Definisjoner

BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method. Britisk miljøklassifiseringsverktøy.
BREEAM-NOR	Norsk tilpasning av BREEAM.
CAD	Computer Aided Design.
DAK	Dataassistert konstruksjon.
BIM	Bygnings Informasjons Modellerings/Modell. Proessen med å modellere et bygg basert på informasjonssensitive objekter.
åpenBIM	Teknologi som åpner for utveksling av informasjon og modeller ved hjelp av de åpne ISO-standardene IFC, IFD og IDM. Utvikles av buildingSMART.
IFC	Industry Foundation Classes Åpent filformat for utveksling av modeller med objektinformasjon.
IFD	International Framework for Data Dictionary "Ordbok" som leser og oversetter objektinformasjon fra ulike CAD-verktøy inn i IFC.
IDM	Information Delivery Manual: Standardisert verktøy som spesifiserer arbeidsprosesser og informasjonskrav innenfor en bestemt oppgave i et åpenBIM-samarbeid.
PM	Process Map: Prosesskart som spesifiserer arbeidsoppgaver og informasjonskrav til hver enkelt aktør i et åpenBIM-samarbeid innenfor en spesifikk oppgave. En del av IDM.
ER	Exchange Requirement: Utvekslingskrav som beskriver kravet til byggfaglig informasjon i modellen på en ikke-teknisk måte. En del av IDM.
FP	Functional Parts: Tekniske spesifikasjoner av informasjonen i ER. Det vil si kartlegging av nødvendige IFC-filer. En del av IDM.
IDDS	Integrated Design and Delivery Solutions Konsept som legger vekt på sammenhengen mellom mennesker, teknologi og prosesser ved bruken av BIM.

## 2. Teori

I denne delen av oppgaven er det først lagt et fokus på å gi leseren en innføring i den teorien som ligger til grunn for at stadig flere aktører i byggebransjen i dag tar i bruk BIM i sin arbeidshverdag. Deretter blir teorien sentrert rundt åpenBIM-teknologien og spesielt rundt utviklingen av en spesifikk IDM for en forretningsprosess. I denne oppgavens tilfelle, for BREEAM-NOR.

Den første delen vil i hovedsak omhandle BIM, IDDS og åpenBIM. Dette innebærer først en innføring i BIM generelt, og hvordan IDDS gir retningslinjer for arbeidsprosesser i et BIM-prosjekt. Deretter går fokuset over de tre standardene, IFC, IFD og IDM, som danner grunnlag for åpenBIM-teknologien.

Av de tre åpenBIM-standardene vil det være essensielt for oppgaven å beskrive nærmere hva det stilles krav til i en spesifikk IDM. Dette omhandler både prosesskartlegging og spesifisering av informasjon.

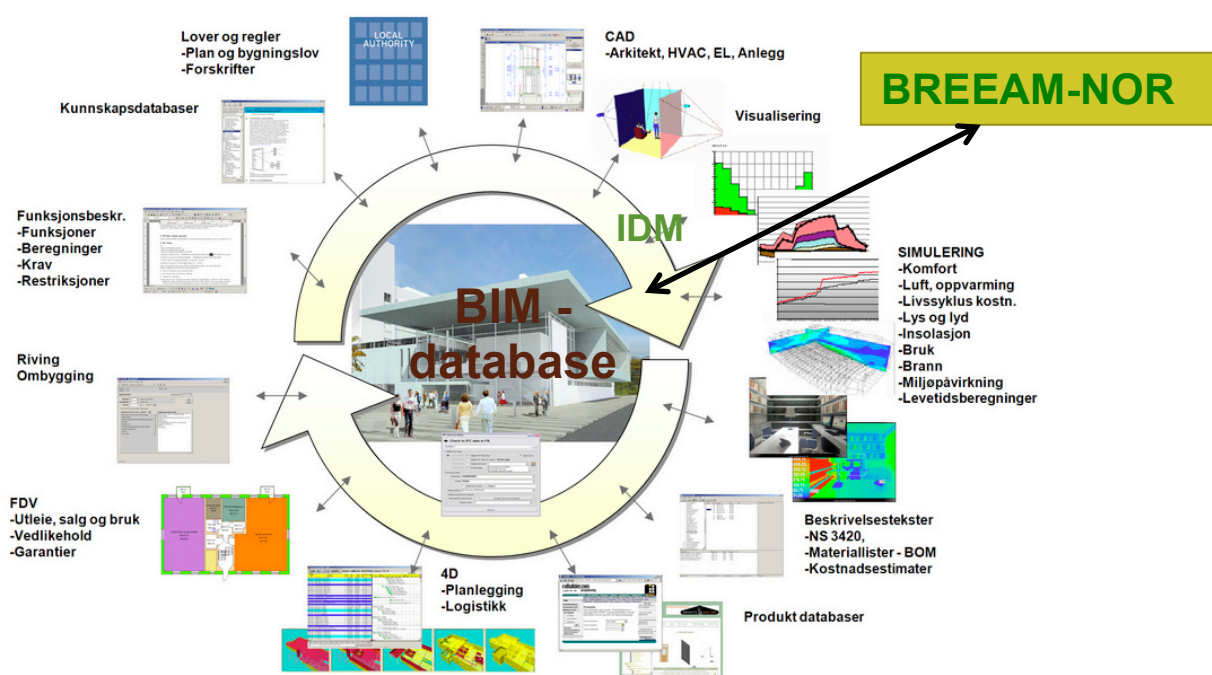
Den andre delen av teorien vil gi leseren en rask innføring i miljøklassifisering og bakgrunnen for at det ble utarbeidet en norsk versjon av det britiske miljøklassifiseringssystemet BREEAM. Deretter kommer det en innføring i hva BREEAM-NOR er, med et ekstra fokus på kapittelet *Helse og Inneklima*.

## 2.1 BIM – Building Information Model/Modeling

BIM står som kjent for Bygnings Informasjons Modell/Modellering, henholdsvis i forhold til produktet(bygningsinformasjonsmodellen) og prosessen(utvikling av modellen).(Statsbygg 2011)

Bygningsinformasjonsmodellen er en 3D-modell av prosjektet som er bygget opp av intelligente objekter. Modellen kan for eksempel være en arkitektmodell, en modell av elektrisk anlegg og rørføringer eller en modell av bærekonstruksjonen. Med intelligente objekter menes det at objektene, som for eksempel kan være vegger, vinduer og dekker, inneholder kompleks informasjon om egenskaper, spesifikasjoner og relasjoner. Denne informasjonen vil være relevant for blant annet å kunne utføre simuleringer og mengde- og kostnadskalkuleringer. Sammen med konseptet for modellsjekking er det også mulig å sjekke for kollisjoner mellom fagmodellene så eventuelle feil oppdages og kan rettes opp tidlig i prosjekteringsfasen.

I tillegg til selve modellen vil BIM-teknologien også åpne for digitalisering av dokumentasjon fra en rekke prosesser i et byggeprosjekt. Disse prosessene illustreres i figuren under. I dag arbeides det mot å systematisere disse prosessene ved hjelp av åpenBIM-standarden, IDM. For å forstå dette kan det tenkes at det ligger en IDM i koblingen mellom BIM-databasen og de enkelte prosessene.



Figur 3 - BIM-hjulet viser hvilke prosesser som leverer informasjon til BIM-databasen(Valmøt 2008).

## 2.2 Fra fag-BIM til åpenBIM

Det går an å se BIM i to sammenhenger. Den ene er der alle fagaktørene utvikler sine respektive 3D-modeller i egnet DAK-programvare og legger inn informasjon om objektene i proprietære formater. Dette ble for første gang gjort så tidlig som på 1980-tallet da de tidligste versjonene av DAK-programmene kom på markedet.(BIMechanics 2009) Disse enkeltstående fagmodellene kan brukes som grunnlag for simuleringer og kalkuleringer i kompatible programmer. Men så lenge arbeidet foregår på proprietære formater vil det ikke kunne foregå noen digital utveksling av informasjon til og fra andre fagmodeller og aktører.

*”Det er viktig å forså at det kun er i den grad informasjonen deles mellom ulike bedrifter og aktører at det kan sies å være noen nytteverdi i å bruke BIM.” –ukjent*

I dag har BIM kommet så langt i utviklingen at begrepet brukes først i den grad informasjon i fagmodellene kan lagres i åpne formater og utveksles mellom flere aktører. Dette foregår fortrinnsvis ved at informasjonen i fagmodellene lagres i det ikke-proprietære filformatet(IFC) og lastes inn på en felles BIM-server til en BIM-modell. Endringer i modellen skjer koordinert, og aktørene i prosjekteringsgruppen har til enhver tid mulighet til å hente ut den informasjonen de trenger.(Statsbygg 2011) Denne samhandlingen startet for alvor etter at den første versjonen av IFC-standarden, IFC 1.0, ble lansert i 1997.(Seehusen 2008)

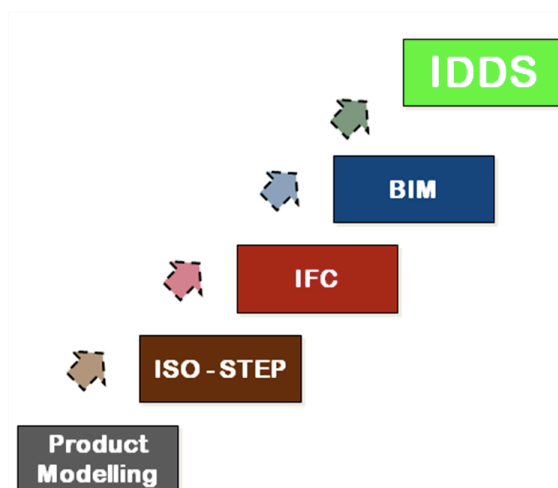
Forutsetningen for å se nytten i denne samhandlingen er at alle de involverte aktørene bruker programvare som både kan lese og skrive til IFC. Dette er i de fleste tilfeller et krav fra utbygger når nye prosjekter settes i gang i dag. For at denne utvekslingen av kompleks bygningsinformasjon skal foregå på en kvalitetssikret måte vil det, fra et åpenBIM-perspektiv, også være to andre faktorer som spiller inn. Det bør finnes et felles referansebibliotek(IFD) som danner grunnlag for entydig tolkning av objektenes egenskaper og spesifikasjoner. Dette biblioteket bør være universelt og uavhengig av språk og programvare. En vegg skal være en vegg, uansett om prosjektet åpnes i et program i Japan eller i Norge. I tillegg vil det være hensiktsmessig at det finnes et krav til prosesser(IDM), så aktørene leverer riktig informasjon til modellen til rett tid.

I dag er alle disse tre faktorene standardiserte i åpne, internasjonale standarder og danner grunnlaget for åpenBIM-teknologien. Formålet med teknologien er å systematisere kommunikasjonen og delingen av informasjon mellom alle aktørene i et byggeprosjekt.(buildingSMART Norge 2011)

## 2.3 IDDS

Med den stadig økende bruken av BIM og ny teknologi i byggeprosjekter kommer også nye utfordringer i forhold til hvordan dette integreres i prosjektorganisasjonen. De involverte aktørene ser helst at dette gjøres på en måte der alle kan dra nytte av det og se positive effekter i et langsiktig perspektiv. Dette er også hovedmålet til CIB, "International Council for Research and Innovation in Building and Construction" som har utviklet IDDS(Integrated Design and Delivery Solutions). IDDS er et konsept som skal være et hjelpemiddel for å forstå sammenhengen mellom mennesker, prosesser og teknologi i et byggeprosjekt.(CIB 2009)

CIB startet med utviklingen av dette konseptet i 2006. I dag mener de at innføring av IDDS i et byggeprosjekt vil være det neste steget, etter BIM, for å forbedre ytelsen i byggenæringen. Her legges det vekt på at det innføres i et livssyklusperspektiv og i tråd med krav til bærekraftig utvikling, ny forenklende teknologi og økt kunnskap.



Figur 4 - Utviklingsperspektivet til IDDS.(CIB 2009)

### 2.3.1 IDDS i denne oppgaven

I forhold til oppgavens fokus setter IDDS åpenBIM som et langsiktig fremtidsmål. For å få denne teknologien(åpenBIM) og disse standardene godt innarbeidet og implementert i byggenæringen ser CIB det som viktig å legge prinsippene og retningslinjene i IDDS til grunn. Det er først og fremst menneskene som må være villige til å lære ny teknologi og tilpasse seg en ny og digitalisert arbeidssituasjon. Det vil også være viktig å tilrettelegge for gode prosesser. Det er her IDM vil kunne være et godt hjelpemiddel.

Ut ifra et BREEAM-perspektiv kan IDDS være et positiv tiltak. Konseptet kan strukturere arbeidet til prosjektorganisasjonen og sørge for at aktørene innehar rett kompetanse for å



gjøre arbeidet mer effektivt. Dette vil øke mulighetene for å bruke mer ressurser på miljøspørsmål, og om mulig satse på å oppnå en høyere klassifisering i BREEAM-NOR.

### **2.3.2 IDDS om mennesker, prosesser og teknologi**

Med BIM gikk arbeidsmetodene i et byggeprosjekt fra å være dokumentbaserte til at det i dag helst skal foregå digitalt og det meste av informasjonen skal lagres i en bygningsinformasjonsmodell. IDDS foreslår teknikker og fremgangsmåter for å forenkle integreringen av BIM i hele prosjektorganisasjonen. Spesielt med fokus på mennesker, prosesser og teknologi. Som et grunnlag for komme med forslag til dette legger IDDS først frem dagens problematikk og utfordringer, for så å se på mulighetene for forbedringer og sette noen fremtidsmål. Under presenteres noen av de viktige utfordringene og mulighetene.

#### **Mennesker:**

En av dagens utfordringer er i følge CIB at det er vanskelig for de eldre å ta til seg ny læring og å bli med på endringene som kommer med bruken av BIM. Dette kan skape misnøye som igjen kan føre til mangel på kommunikasjon og tillit innad i organisasjonen. Det er også en utfordring at de som kommer direkte fra utdanning ikke innehar den rette kompetansen. Mulighetene for å løse dette ligger i å motivere og legge til rette for at medarbeidere kan lære ny teknologi og nye samarbeidsformer. En motivasjonsfaktor kan være at økt kompetanse gir økonomisk gevinst. Det er også viktig å benytte de mulighetene som kommer i de periodene det er rolig i markedet til å øke kunnskapen og effektiviteten i organisasjonen.

#### **Prosesser:**

Her mener CIB hovedproblemet er at det ikke finnes gode og kvalitetssikrede referanseprosesser i dag. Dette medfører at det ikke settes spørsmålstegn ved de prosessene som faktisk gjennomføres. Aktørene er uavhengige av hverandre og samarbeider ikke tett nok til å gjøre gode prosesser. Da blir det også et spørsmål om hvem som eier hva i modellen.

For å løse dette mener IDDS at prosessene må deles opp i moduler for å gjøre det mer oversiktlig. Rutineoppgavene må automatiseres og det må fokuseres på resultater.

#### **Teknologi:**

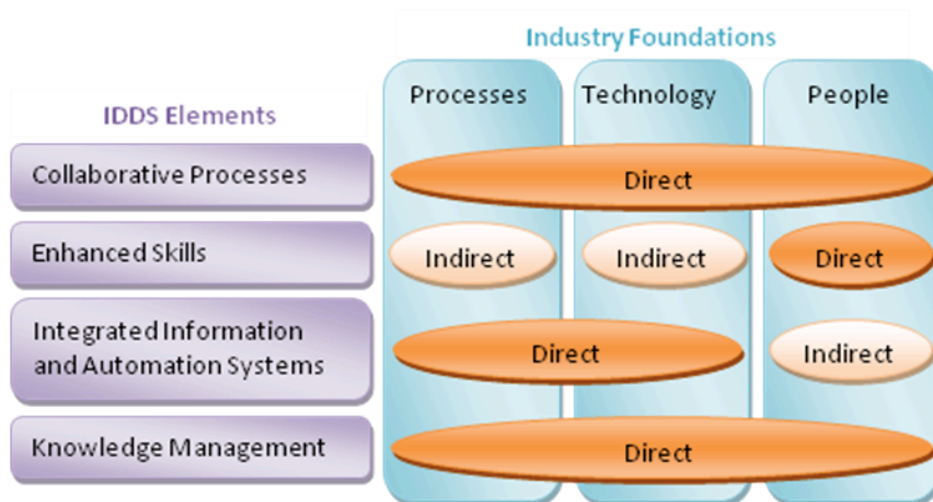
CIB hevder at en av de store utfordringene her er at forventningene til BIM er urealistiske. Det er for lite konsentrasjon om de kortsiktige målene og hvordan informasjonsutveksling mellom fagene bør foregå. Dette er en følge av at dagens standarder og teknologi er for lite tilrettelagt for samspill mellom aktørene. Her vil aktørene dra en fordel av å innarbeide gode rutiner og vite at det som utveksles i modellen er nyttig for alle i prosjektorganisasjonen.

### 2.3.3 Fire hovedelementer i IDDS

I tillegg til disse tre fokusområdene beskriver IDDS fire hovedelementer som påvirker mennesker, prosesser og teknologi på ulike måter. De fire hovedelementene er

- **Samarbeidsprosesser**
- **Økt kunnskap og ferdigheter**
- **Integrerte informasjons- og automasjonssystemer**
- **Kunnskapsforvaltning**

Sammenhengen mellom disse er illustrert i figuren under.



Figur 5 - Påvirkningen av de 4 hovedelementene i IDDS på mennesker, prosesser og teknologi.(CIB 2009)

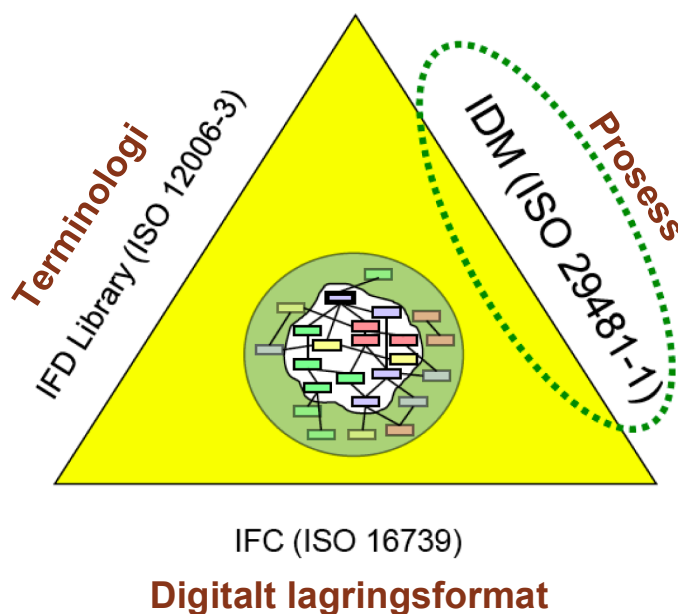
I det neste kapittelet vil oppgaven gjøre rede for hva åpenBIM er og gi en beskrivelse av de tre standardene som foreligger i dag, med et fokus på IDM.

## 2.4 åpenBIM med fokus på IDM

Når det i denne oppgaven snakkes om åpenBIM er det der prosjekteringsprosessen foregår ved hjelp av de tre åpne internasjonale standardene som er utviklet av buildingSMART International. Sentralt står utvekslingsformatet IFC. IFC, sammen med referansebiblioteket IFD, danner grunnlaget for teknologien som hadde sitt utspring på 1990-tallet. (Seehusen 2008) Siden da har både IFC og IFD blitt godt tilpasset og innarbeidet i byggenæringen.

Med denne innføringen er det mye og kompleks informasjon som skal utveksles mellom alle de involverte aktørene i et byggeprosjekt. Det er essensielt at aktørene har tilgang til relevant informasjon til rett tid for å kunne dra nytte av teknologien. For å få til dette kreves gode, kvalitetssikrede arbeidsmetoder og -prosesser. Derfor er det i dag også utviklet og standardisert et prosessverktøy, IDM, som skal spesifisere kravene til de enkelte arbeidsprosessene innenfor et åpenBIM-samarbeid. Dette prosessverktøyet ble standardisert i 2010, og er med dette den siste standarden i åpenBIM-teknologien.

Med disse tre standardene blir sammen gjerne referert til som BIM-trekanten eller åpenBIM-trekanten. buildingSMART ser det som essensielt at disse tre standardene blir brukt parallelt i et byggeprosjekt.



Figur 6 - BIM-trekanten.(buildingSMART 2010)

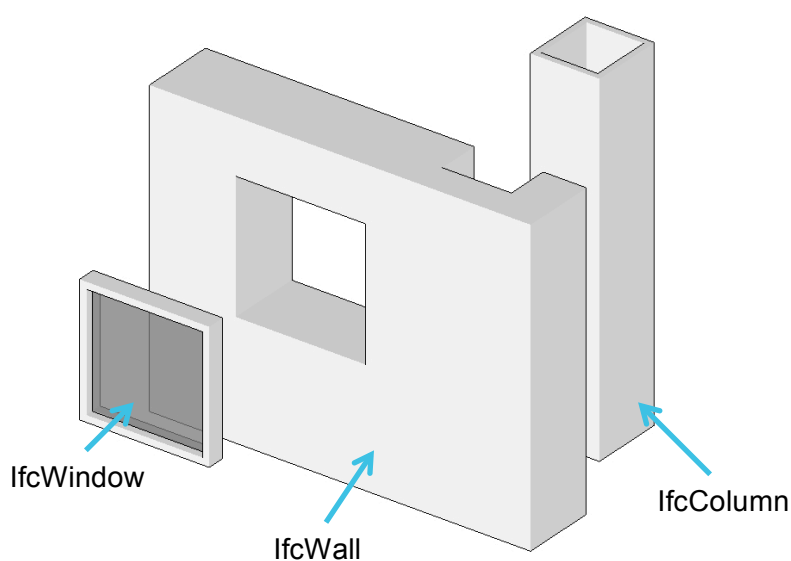
Denne oppgaven vil fokusere på den nyeste standarden, IDM, og hvordan denne kan benyttes som et hjelpemiddel når et prosjekt skal oppnå poeng i BREEAM-NOR.

### 2.4.1 IFC - Industry Foundation Classes

Som nevnt tidligere er IFC et standardisert filformat som gjør det mulig å utveksle komplekse bygningsmodeller mellom alle aktørene i et byggeprosjekt, uavhengig av programvare. Den første versjonen kom i 1997 og het IFC 1.0.(Seehusen 2008) I dag heter den nyeste versjonen IFC 2x4 og er en sertifisert ISO standard, ISO 16739. Det er hele 133 programvarer fra 92 utviklere som per i dag støtter IFC.(buildingSMART 2011)

Rent teknisk består IFC-modellen av et sett med filer som inneholder kompleks informasjon om blant annet objektene geometri, relasjoner og egenskaper i bygningsmodellen. Denne informasjonen er lagret som entiteter, IFC-entiteter. Entitetene har hver sin egen eksistens, selv om det ikke behøver å være noen fysisk eksistens.(Statsbygg 2011) Entiteten IfcWall er et eksempel på en entitet som har fysisk eksistens i modellen, mens IfcWall.Name ikke har noen fysisk eksistens men gir veggen et navn og en bestemt plassering i bygget med tilhørende relasjoner til andre objekter.

Kravene til eksistens av objekter og egenskaper avhenger av hvilken sammenheng eller oppgave de gjelder for. Det kan være spesielle BIM-formål som krever sine entiteter, som for eksempel modellsjekk og simuleringer, eller det kan være krav til gitte fag og faser i prosjektet. Noen entiteter, som for eksempel IfcWall, IfcSlab og IfcWindow vil i de fleste tilfeller være grunnleggende BIM-krav. Utover dette vil de spesifikke prosessene sette krav til andre egenskaper til objektene.

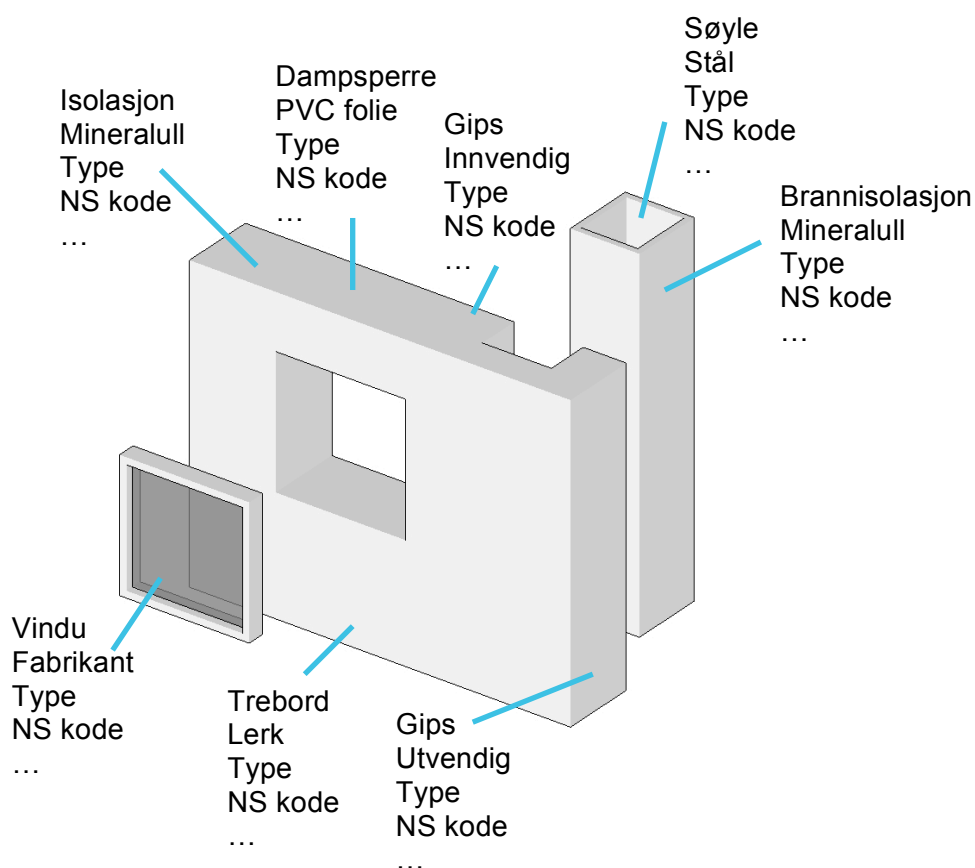


Figur 7 - Eksempel på IFC-entiteter.(buildingSMART Norge 2011)

## 2.4.2 IFD – International Framework for Dictionary

Utviklingen av IFD startet i takt med at IFC ble innført. Når ulike programmer begynte å kommunisere kompleks informasjon så bransjen behovet for å bygge opp et rammeverk for entydig terminologi for denne informasjonen. Dette resulterte i et referansebibliotek, kalt IFD, som i dag foreligger som ISO-standard ISO 12006-3.

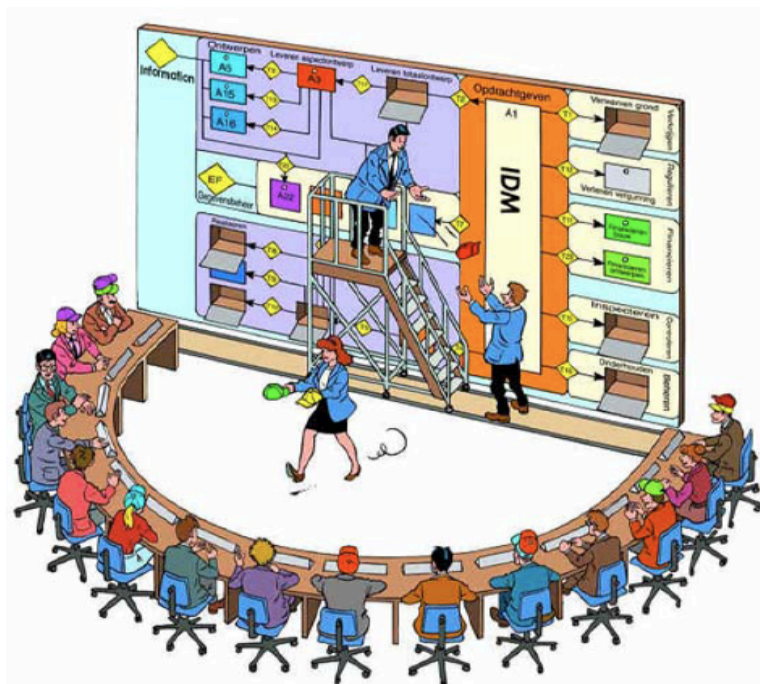
Sammenliknet med IFC som identifiserer objektene i modellen og deres egenskaper, er IFD en ordbok som spesifiserer referanser til egenskapene. Med IFD-biblioteket vil det være mulig å forenkle prosesser som produktsøk, produktspesifikasjon, varehandel og FDV-dokumentasjon. (buildingSMART 2011) Under er det illustrert hvilken informasjon som kan ligge i et IFD-bibliotek.



**Figur 8 - Entitetene har blitt tilegnet utvidet informasjon fra IFD-biblioteket. (buildingSMART Norge 2011)**

### 2.4.3 IDM - Information Delivery Manual

IDM kan sies å være fundamentet i et åpenBIM-samarbeid for en spesifikk oppgave. Det er manualer som utvikles i tråd med bestemte forretningsprosesser innenfor et byggeprosjekt. Den spesifiserer all nødvendig informasjon og alle relevante arbeidsprosesser innenfor denne oppgaven.



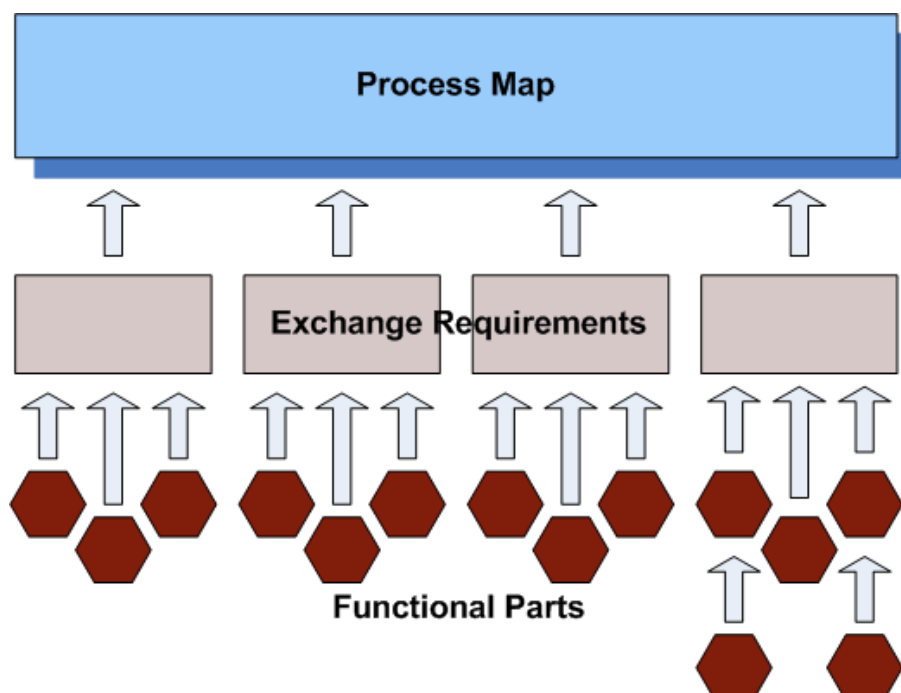
Figur 9 - Illustrerer spesifisert utveksling av informasjon fra IDM til relevant aktør.(Davis 2011)

Innholdet i en spesifikk IDM vil

- beskrive behovet for utveksling av informasjon mellom prosesser,
- spesifisere hvordan fange opp denne informasjonen,
- identifisere aktørene som sender og mottar informasjon,
- definere, spesifisere og beskrive informasjonen som utveksles for å tilfredsstille kravene i hver enkelt prosess,
- forsikre at definisjoner, spesifikasjoner og beskrivelser er gitt på en brukervennlig og forståelig måte,
- lage detaljerte spesifikasjoner av informasjonen som ligger i ER for å forenkle utviklingen av programvare,
- forsikre at informasjonsspesifikasjonene kan gjøres relevante for lokal praksis.

(International Standardisation Organisation (ISO) 2010)

Før arbeidet med å lage en IDM settes i gang må det først finnes et behov som trenger tilfredsstillelse, som for eksempel behovet for å implementere BREEAM-NOR i åpenBIM. For å lettere forstå hvordan IDM er bygget opp er det noen begreper som må forklares nærmere. I figuren under illustreres de tre hovedelementene i manualen. Videre i oppgaven kommer beskrivelser av disse.



Figur 10 - IDM rammeverk.(buildingSMART International 2010)

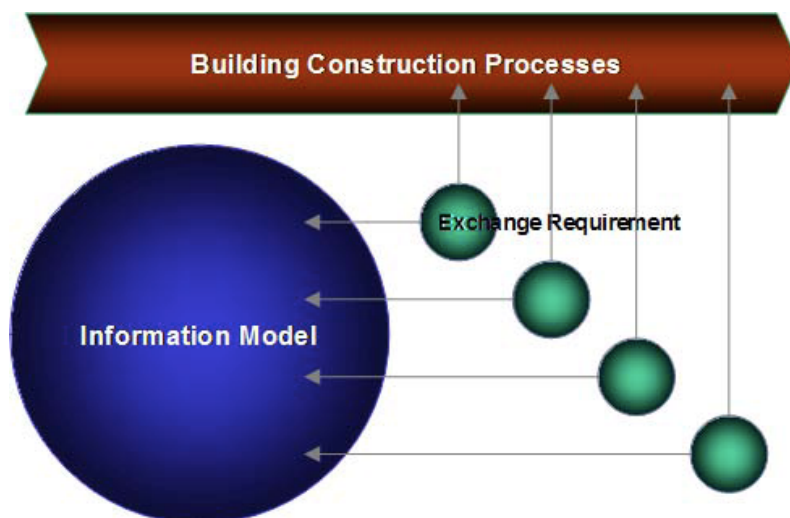
**PM - Process Map og BPMN**

Process Map(PM), eller prosesskart på norsk, har den samme strukturelle oppbyggingen som en fremdriftsplan og skal beskrive flyten av aktiviteter avgrenset av en bestemt oppgave i et byggeprosjekt. Dette innebærer å beskrive hva som skal gjøres til hvilke tider i prosjektet, hvilke ansvarsområder alle involverte aktører har i disse aktivitetene, i tillegg til opplysninger om den informasjonen som kreves, konsumeres og produseres innenfor hver aktivitet.(International Standardisation Organisation (ISO) 2010) For å modellere disse prosessene er det utviklet en fremstillingsmetode tilpasset aktivitetene i et byggeprosjekt, BPMN(Business Process Modelling Notation). I denne oppgavens tilfelle vil prosesskartet beskrive aktivitetene som må gjennomføres for å oppnå poeng for kriteriene Hea 1 og Hea 2 i BREEAM-NOR.



### **ER - Exchange Requirements - utvekslingskrav**

Informasjonen som hver aktør behøver for å gjennomføre en aktivitet i prosesskartet ligger i dokumenter kalt Exchange Requirements(ER), utvekslingskrav. Disse representerer sammenhengen mellom prosess og data(buildingSMART International 2010).



**Figur 11 - Utvekslingskrav(ER) som koplingen mellom prosess og data.(buildingSMART International 2010)**

Uttekslingskravene skal først inneholde ikke-tekniske beskrivelser av informasjonen som behøves for å utrette hver enkelt aktivitet i prosesskartet. Dette kan være en beskrivelse av arealene som er relevante og hva som skal kjennetegne de. Kravet beskriver videre, på en teknisk måte, hvilken IFC-informasjon i form av objekter som er nødvendig å legge inn i modellen som skal utveksles. Her benyttes den aktuelle IFC-standarden som utgangspunkt for spesifikasjonene. Denne informasjonen kan være relevant for at en annen aktør kan gjennomføre neste oppgave i prosesskartet.

Et eksempel på et utvekslingskrav kan være beskrivelse av eksistensen til vegger og arealer og spesifisere relevante egenskaper til disse. For eksempel krav til brannmotstand og U-verdier i vegger. Denne informasjonen vil være nødvendig for henholdsvis å få bygget godkjent i forhold til forskrifter og for energiberegninger. For at denne informasjonen skal ha noe nytte i et åpenBIM-samarbeid er det nødvendig at den kan legges inn i en IFC-modell som er tilgjengelig for alle aktører i samarbeidet. Da blir neste skritt å beskrive informasjonen på en mer teknisk måte.

**FP - Functional Parts - objektsistens**

Den tekniske beskrivelsen av et utvekslingskrav kalles Functional Parts(FP). FP er helt enkelt IFC-identiteter av objektene som skal legges inn i modellen, sånn som for eksempel vegger, vinduer og dører. Disse, og hvilke egenskaper de må tilegnes til hver enkelt aktivitet i prosesskartet beskrives i utvekslingskravet.

**PS – Property Sets - egenskapssett**

Property Sets er de utvidede egenskapene til FP. For eksempel informasjon om geometri og relasjoner til vinduer og vegger. Property Sets kan sies å være en kobling til IFD-biblioteket.

## 2.5 Modellsjekking

Modellsjekkingsverktøyet, Solibri Model Checker, er et analyseverktøy for analysering av BIM-modeller.(Solibri Inc.) Det er utviklet i samarbeid med buildingSMART med utgangspunkt i filformatet IFC, og lar ulike aktører sjekke kvaliteten på bygningsmodellene opp mot et sett med forhåndsdefinerte regler.

Programmet brukes blant annet til visualisering, validering og kollisjonskontroller.(Solibri Inc.) Det kan for eksempel være å sjekke om rørføringer kolliderer eller sjekke om distanser mellom objekter samsvarer med minimums- /maksimumskrav. Dette krever at det finnes et sett med regler, og i disse tilfellene kan reglene henholdsvis si at: hvis, ja, rør kolliderer så gi meg en feilrapport, og: hvis, ja, det er 5 meter mellom to objekter, så gi meg "godkjent".

Modellsjekking kan ikke brukes til å avgjøre om prosjektet har god design, men det kan være en støtte for å finne dårlige designløsninger.(Hjelseth and Nisbet 2010) En gyldig sjekk vil være å avgjøre om innholdet i modellen er i samsvar med gitte koder, standarder eller regler.(Hjelseth and Nisbet 2010) Denne oppgaven ser for seg at det er mulig å lage et sett med slike regler med utgangspunkt i kriteriene i miljøklassifiseringsverktøyet BREEAM-NOR.

Der modellsjekking gjøres på en kvalitetssikret måte kan det være kostnadsbesparende for prosjektet, da det er mulig å rette opp feilen før produksjonen settes i gang. Hvis modellsjekkeren finner ut at det er en kollisjon mellom VVS- og elektro-installasjoner, kan dette rettes opp med mye mindre ressurser i en bygningsmodell enn om det hadde måttet gjøres på byggeplassen.(Statsbygg 2011)

Når det gjelder modellsjekking og BREEAM-NOR så vil det, sånn som programmet fungerer i dag, kun være mulig å sjekke deler av standarden direkte. Dette gjelder de delene der det finnes entydige parametere, og beregningene kan samsvare med eksisterende regler og paragrafer i modellsjekkingsprogrammene. Det er valgt å analysere kriteriene ut ifra at det er mulig å endre paragrafer som allerede finnes i modellsjekkingsprogrammer i dag og lage regler som er spesielt tilpasset kriteriene i BREEAM-NOR.

En annen form for modellsjekking er der det er utviklet kompliserte analyseverktøyer som sjekker modellen opp mot parametere utenom den fysiske bygningsmodellen. Disse programmene kalles gjerne simuleringsprogrammer, og kan blant annet simulere luftstrømmer, og lyd- og lysforhold.

## 2.6 Miljøklassifisering

Miljøklassifisering av bygninger fikk sin oppblomstring på 1990-tallet da de tre verdensledende miljøklassifiseringsmetodene, HK-BEAM, LEED og BREEAM ble lansert. HK-BEAM i Hong Kong, LEED i USA og BREEAM i Storbritannia. Bakgrunnen for denne satsningen på lå i troen på at bygg med høy miljøstandard vil øke lønnsomhet og redusere risiko. Etter hvert er det også bekreftet at dette vil øke byggets konkurransedyktighet i markedet fordi leietakere prefererer lokaler som er miljøeffektive og sunne. (Norwegian Green Building Council 2011)

I 2009 ble det tatt en avgjørelse på at BREEAM skal innføres i Norge, da det ble ansett som det miljøklassifiseringsverktøyet som lettest kan tilpasses norske forhold. 20. oktober 2011 ble den første norske versjonen av BREEAM, BREEAM-NOR, lansert. Denne versjonen er utarbeidet av en rekke ledende aktører i bygg- og eiendomsbransjen. Den er tilpasset norske forhold, både med hensyn på regler og standarder, klima og samfunn.

### Hvorfor miljøklassifisere?

- Bygget får økt verdi og økt etterspørsel.
- Driftskostnadene blir redusert.
- Bygget får lengre levetid.
- Brukerne av bygget blir mer miljøbevisste.
- Miljøsertifiserte bygg fremstår som attraktive arbeidsplasser, noe som igjen gir økt produktivitet.

(Skanska 2011)

### 2.6.1 Relevante organisasjoner

Arbeidet til disse tre organisasjonene danner grunnlaget for denne oppgaven. buildingSMART arbeider for å tilpasse og forbedre alle prosessene i åpenBIM. Grønn Byggallianse har vært pådriver for miljøetsatsing i byggenæringen som igjen har ført til beslutningen om å innføre BREEAM i Norge. De er også initiativtagere for opprettelsen av Norwegian Green Building Council som har utviklet BREEAM-NOR som er den norske tilpasningen av BREEAM.

#### **buildingSMART Norge**

buildingSMART Norge er en ikke-kommersiell fagnøytral medlemsorganisasjon for bygge- og eiendomsnæringen. (buildingSMART 2011) Med felles dugnadsinnsats arbeider de for samhandling, ressurseffektivisering og lønnsomhet for hele verdikjeden.

Hovedarbeidsområdet er utvikling og implementering av åpenBIM-teknologien som sikrer sømløs dataflyt og digitalisering i byggeprosessen. Det langsiktige målet med dette arbeidet er et "bæredyktig bygd miljø".

### **Grønn Byggallianse**

Grønn Byggallianse(GBA) representerer byggenæringens miljønettverk og består i dag av 42 av de største eiendomsaktørene i Norge.(Grønn Byggallianse 2011) Nettverket skal ivareta interessene til og være en arena for aktører som ønsker å være ambisiøse mot å oppnå miljømål. GBA er også et kompetanse- og informasjonssenter for veiledning og opplæring på miljøspørsmål.

### **Norwegian Green Building Council**

NGBC ble, i regi av Grønn Byggallianse, stiftet høsten 2010 med målet om å tilpasse BREEAM til norske forhold.(Norwegian Green Building Council 2011) 62 grunnleggere med representanter fra hele bransjen og det meste av landet skulle sørge for å ivareta norske interesser og implementere de på best mulig måte i dette miljøverktøyet. Dette arbeidet førte til lanseringen av den første versjonen av BREEAM-NOR 20. oktober 2011. Videre skal NGBC arbeide for å oppmuntre utbyggere til å ta i bruk dette klassifiseringsverktøyet for å øke miljøstandarden i bygg og sørge for at klassifiserte bygg blir etterspurt og premiert.

## 2.7 BREEAM og BREEAM-NOR.

*Hele dette kapittelet er skrevet med utgangspunkt i BREEAM-NOR utgave 1.0, "BREEAM Norway 2011 Revisor Manual", lansert 20. oktober 2011.*

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) er et britisk miljøklassifiseringssystem som brukes til å klassifisere bygninger ut ifra en rekke standardiserte miljø- og helsefremmende krav. BREEAM er i dag verdensledende innen miljøsertifisering av bygninger, og har sertifisert over 115 000 bygg i Storbritannia siden starten i 1990. Metoden ble den gang lansert av BRE (Building Research Establishment) i Storbritannia. I dag er BREEAM-standardene i bruk i en rekke land og er i ferd med å bli oversatt til flere språk, bl.a. norsk(BREEAM-NOR). Den første versjonen av BREEAM-NOR ble lansert 20. oktober 2011.

The logo for BREEAM NOR. The word "BREEAM" is written in a bold, green, sans-serif font, followed by a registered trademark symbol (®). The word "NOR" is written in a bold, dark grey, sans-serif font.

Den norske tilpasningen er utviklet i regi av Norwegian Green Building Council(NGBC). Denne medlemsorganisasjonen ble opprettet høsten 2010 etter at BREEAM vant kampen mot LEED om å bli det klassifiseringssystemet som skulle tilpasses norske forhold. Tilpasningen ble gjennomført av 62 grunnleggere med representanter hovedsakelig fra de største arkitekt-, konsulent- og entreprenørfirmaene i landet.(Norwegian Green Building Council 2011) Disse ble satt sammen i 5 tekniske arbeidsgrupper som siden da har jobbet med å tilpasse BREEAM til aktuelle standarder og regler innenfor energi og miljøområdet.(Norwegian Green Building Council 2011)

Etter en BREEAM-klassifisering er det mulig for et prosjekt å få tildelt et sertifikat. Det er tilgjengelig sertifikater fordelt på 5 nivåer. Alle dokumenterer kvaliteter utover forskriftsminimum.(Norwegian Green Building Council 2011) Med et BREEAM-sertifikat vil prosjektet representere en stadig voksende trend i bransjen og inneha en verdifull kvalitetsreferanse.

### 2.7.1 BREEAM-systemet

BREEAM-NOR baserer seg på klassifisering ut ifra en poengliste. Poenglisten er utviklet basert på to tidligere internasjonale BREEAM-standarder, noe som har ført til at BREEAM-NOR vil gjelde for klassifisering av de fire bygningstypene industri-, forretning-, kontor- og undervisningsbygg. Antall poeng som er mulig å oppnå avhenger av bygningstype.

BREEAM deler klassifiseringen inn i ti områder:

1. Ledelse
2. Helse og Inneklima
3. Energibruk
4. Transport
5. Vann
6. Materialer
7. Avfall
8. Arealbruk og økologi
9. Forurensning
10. Innovasjon

Hvert av områdene er inndelt i en rekke emner, som igjen kan være oppdelt i flere kriterier. Hvert kriterium har til formål å redusere miljøpåvirkningen til bygget innenfor de respektive emnene. Hvordan dette kan oppnås er beskrevet i detalj for hvert enkelt kriterium, og hvis prosjektet innfrir så kan det tildeles BREEAM-poeng.

I BREEAM-NOR finnes det noen minstestandarder der prosjektet må oppnå en bestemt poengsum innenfor disse kriteriene for å oppnå et bestemt klassifiseringsnivå. Utenom dette finnes det mange veier å gå for å nå målet om en endelig klassifisering. Det er opptil hvert enkelt prosjekt å bygge opp sammensetning av kriterier som samsvarer med den poengsummen de ønsker å oppnå. Klassifiseringsnivå og poengsum hører heller nødvendigvis ikke sammen da alle emnene er vektet forskjellig. Aktørene kan selv gå inn i manualen og komme med ønsker om hvilke kriterier og emner de ser på som viktige for prosjektet og som de mener bør innfris. Denne friheten til valg av kriterier kan gjøre det vanskelig å utarbeide en helhetlig IDM for BREEAM-NOR. Det er derfor denne oppgaven ser på muligheten for å lage IDM-er basert på hvert enkelt kriterium innenfor de emnene det er hensiktsmessig.

## 2.7.2 Oversikt over kategorier og hovedområder i BREEAM-NOR.

**Tabell 1 Kategorier og hovedområder i BREEAM-NOR.(Norwegian Green Building Council 2011)**

<b>Ledelse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idriftsettelse</li> <li>• Påvirkning på byggeplass</li> <li>• Brukerveiledning for bygg</li> <li>• LCC</li> </ul>	<b>Avfall</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Byggavfall</li> <li>• Resirkulert tilslag</li> <li>• Gjenvinningsanlegg</li> </ul>
<b>Helse og Inneklima</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dagslys</li> <li>• Termisk komfort for brukerne</li> <li>• Akustikk</li> <li>• Innendørs luft- og vannkvalitet</li> <li>• Belysning</li> </ul>	<b>Forurensning</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruk og utslipp av kjølevæske</li> <li>• Flomrisiko</li> <li>• NOx-utslipp</li> <li>• Forurensning av vassdrag</li> <li>• Ekstern lys- og støyforurensning</li> </ul>
<b>Energi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Behov for energi</li> <li>• Lav- eller nullkarbonløsninger</li> <li>• Delmåling av energi</li> <li>• Energieffektive byggesystemer</li> </ul>	<b>Arealbruk og økologi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomtevalg</li> <li>• Beskyttelse av økologiske funksjoner</li> <li>• Demping/forsterkning av økologisk verdi</li> </ul>
<b>Transport</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nærhet til kollektivtransport</li> <li>• Tilrettelegging for gående og syklist</li> <li>• Nærhet til fasiliteter</li> <li>• Reiseplaner og informasjon</li> </ul>	<b>Materialer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Livsløpsvurdering av materialer</li> <li>• Gjenbruk av materialer</li> <li>• Ansvarlig innkjøp (sourcing)</li> <li>• Robusthet</li> </ul>
<b>Vann</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vannforbruk</li> <li>• Lekkasje-deteksjon</li> <li>• Gjenbruk og resirkulering av vann</li> </ul>	<b>Innovasjon</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mønstergyldige ytelsesnivåer</li> </ul>

## 2.7.3 Faser for klassifisering

BREEAM deler klassifiseringen inn i to faser.

1. Design- og prosjekteringsfasen, som gir et foreløpig sertifikat
2. "As Built", som gir et endelig sertifikat

Prosjektet kan ikke få noen endelig klassifisering etter design- og prosjekteringsfasen, men det er allikevel anbefalt å utføre denne forhåndsklassifiseringen som en støtte for å oppnå ønskede mål for den endelige BREEAM-NOR-klassifiseringen.

Det er vurderinger som kan gjøres på designstadiet som er relevant for denne oppgaven, da det er BIM og modellsjekk som ligger til grunn, og en modellsjekk må gjøres i tidlig prosjekteringsfase før bygget blir oppført.



#### 2.7.4 Kort innføring i poenggiving og vekting i BREEAM-NOR

Det er en kombinasjon av flere elementer som bestemmer hvilket BREEAM-NOR klassifiseringsnivå et bygg kan oppnå. Disse er:

- Grenseverdier for BREEAM-NOR-klassifiseringsnivåer
- Vekting av miljøområder i BREEAM-NOR
- Minstestandarder i BREEAM-NOR
- Innovasjonspoeng i BREEAM-NOR
- Særskilte krav til Outstanding

I tillegg til disse elementene legger BREEAM stor vekt på at det fremlegges riktig dokumentasjon på at de aktuelle kriteriene er oppfylt.

Denne oppgaven baserer seg på en forhåndsklassifisering utført på designstadiet. Dokumentasjonen som kreves for kriteriene i kapittelet *Helse og Inneklima* er i all hovedsak tegninger, beregninger og spesifikasjoner. Dette er dokumentasjon som i BIM-sammenheng skal være mulig å dokumentere i bygningsmodellen. Ved hjelp av en IDM laget spesielt til dette formålet kan både prosessen med å oppfylle kriterier og dokumenteringen av dette gjøres lettere.

#### 2.7.5 Grenseverdier

Grenseverdier for klassifiseringsnivåer i BREEAM-NOR er inndelt slik:

**Tabell 2 Grenseverdier i BREEAM-NOR.(Norwegian Green Building Council 2011)**

BREEAM-NOR nivåer	% poeng
UNCLASSIFIED	<30
PASS	>30
GOOD	>45
VERY GOOD	>55
EXCELLENT	>70
OUTSTANDING*	>85

Før denne oppnåelsen av % poeng vil hvert hovedområde i BREEAM vektes forskjellig etter betydningen av det enkelte området. Denne vektingen er beskrevet under.

\* For å oppnå klassifiseringsnivået OUTSTANDING må det oppfylles noen tilleggskriterier som er forklart i 2.6.9.

### 2.7.6 Vekting

Hovedområdene i BREEAM-NOR er vektet etter tabellen under. Vektingen er basert på BREEAM Europe Commercial 2009, men er tilpasset norske forhold. Dette innebærer at for eksempel området transport er styrket noe for å gjenspeile utfordringene med et spredt bebygd land. Tilsvarende er for eksempel vektingen av området Vann redusert for å belyse at Norge har god tilgang på rent vann.

Antall oppnådde poeng beregnes først om til % av antall mulig oppnåelige poeng for hvert BREEAM-NOR-område, og deretter vektes denne andelen i henhold til tabellen under.

**Tabell 3 Vekting av miljøområdene i BREEAM-NOR.(Norwegian Green Building Council 2011)**

Miljøområdene	Vekting i %
Ledelse	12,0
Helse og Inneklima	15,0
Energi	19,0
Transport	10,0
Vann	4,5
Materialer	14,0
Avfall	7.5
Arealbruk og økologi	10
Forurensning	8,0
Innovasjon	10

### 2.7.7 Minstestandarder

Tabellen under viser totalt tolv kriterier som stiller krav til innfrielse for å oppnå ulike klassifiseringsnivåer i BREEAM-NOR.

Tabell 4 Krav til minstestandarder i BREEAM-NOR.(Norwegian Green Building Council 2011)

BREEAM-NOR		Pass	Good	Very Good	Excellent	Outstanding
Minste antall poeng						
Man 1	Teknisk driftsstart	1	1	1	1	2
Mat 1	Materialspesifikasjon (unngå miljøgifter)	√	√	√	√	√
Hea 4	Høyfrekvent lys	√	√	√	√	√
Man 4	Brukerveileder		1	1	1	1
Hea 8	Ventilasjonsløsning for å sikre innendørs luftkvalitet			1	1	2
Hea 9	Forurensning i innemiljø			1	2	2
Hea 20	Fuktsikring			1	1	1
Ene 2	Delmåling av betydelig energibruk			1	1	1
Ene 1	Energieffektivisering				7	9
Man3	Byggeplassen				1	2
Ene 5	Energiforsyning med lavt klimagassutslipp				1	1
Wst 3	Lagring av gjenvinnbart avfall				1	1

To av kriteriene, Mat 1 og Hea 4, krever full oppnåelse for alle klassifiseringsnivåene uten å gi poeng. Henholdsvis for å etterkomme myndighetenes liste over materialer som ikke inneholder miljøgifter, og fordi kravene til høyfrekvent lys(Hea 4) normalt er tilfredsstilt i norske prosjekter.

### 2.7.8 Innovasjonspoeng

For å gi anerkjennelse til prosjekter som tar i bruk innovative teknologier og løsninger blir disse belønnet med innovasjonspoeng i BREEAM. Dette når de går utover ytelsesnivåer som blir anerkjent og belønnet med vanlig poenggivelse. Det er i alt tolv kriterier som inneholder disse tilleggskriteriene for mønstergyldig nivå. Ved oppnåelse av hvert av disse blir prosjektet tildelt ytterligere ett %-poeng på den totalt oppnådde prosentandelen i BREEAM-NOR. Maksimalt kan et prosjekt oppnå 10 innovasjonspoeng, og dermed totalt 10 %-poeng for innovative løsninger.

### **2.7.9 Outstanding**

I tillegg til at prosjektet må oppnå 85 %-poeng stilles det noen flere krav til klassifiseringsnivået *Outstanding*.

- Prosjektet må innfri kravene til minstestandarder for ytelse i tabellen på forrige side.
- Prosjektet må fremskaffe materialer for produksjon av en presentasjon av prosjektet i henhold til NGBCs mal for prosjektpresentasjon. Dette fordi disse byggene er ment å være referanseprosjekter og forbilder i byggenæringen.

Blir det ikke utarbeidet noen prosjektpresentasjon vil prosjektet bli nedgradert til klassifiseringsnivået Excellent.

## 2.8 Helse og Inneklima

I denne oppgaven gjøres det en analyse av kapittelet og området *Helse og Inneklima* i BREEAM-NOR. Analysen vurderer om og hvordan kriteriene i dette kapittelet egner seg til implementering i et BIM-samarbeid. Grunnen til at dette kapittelet ble valgt å analysere foran de andre er at dette kapittelet egner seg spesielt da de fleste av kriteriene kan oppfylles ved beregning basert på fysiske objekter i bygningsmodellen og egenskaper til disse.

Kapittelet Helse og innemiljø er det eneste kapittelet i BREEAM-NOR der innfrielsen av kriteriene har direkte påvirkning på brukerne av bygget. Det representerer miljø- og helsefremmende tiltak fordelt på 15 kriterier og totalt 21 tilgjengelige poeng.

**Tabell 5 Kriterier og poeng i Helse og Inneklima.**

Nr.	Emne	Poeng	Nr.	Emne	Poeng
Hea 1	Dagslys	1	Hea 9	Forurensning i innemiljø	2
Hea 2	Utsyn	1	Hea 10	Termisk komfort	2
Hea 3	Blendingskontroll	1	Hea 11	Termisk soning	1
Hea 4	Høyfrekvent belysning	1	Hea 12	Mikrobiell forurensning	1
Hea 5	Interne og eksterne lysnivåer	1	Hea 13	Akustisk ytelse	1
Hea 6	Lyssoner og lysstyring	1	Hea 14	Kontorlokaler	2
Hea 7	Potensial for naturlig ventilasjon	1	Hea 20	Fuktsikring	3
Hea 8	Ventilasjonsløsning for å sikre innendørs luftkvalitet	2			

Vektingen av området Helse og Inneklima er 15% av totalen i BREEAM-NOR. Kapittelet kan igjen deles inn i fem underkategorier. Disse er dagslys, termisk komfort, akustikk, innendørs luft- og vannkvalitet og belysning. Under kommer en utdypning av disse fem kategoriene.

### 2.8.1 Dagslys og belysning

"I rom innendørs er tilgang på dagslys bestemmende for rommenes karakter og nytteverdi. Dagslys har betydning for trivsel og velvære, og dagslysets egenskaper; lysstyrke og fargegjengiving, kan bidra til å skape vakre interiører. Foruten å oppnå visuelle og arkitektoniske kvaliteter kan en vel gjennomført dagslysplanlegging også medføre reduserte energikostnader."(SINTEF 2009)

Med godt dagslysdesign øker potensialet for å spare energi på kunstig belysning. Sammen med styringssystemer som regulerer det elektriske lyset etter behov vil det være mulig å gi brukerne jevne belysningsstyrker gjennom hele dagen.

Simulering av dagslys i bygninger kan gjøres ved hjelp av en rekke BIM-verktøyer. Disse kan også generere dagslysfaktorer og belysningsstyrke på utvalgte overflater i bygget og vil være aktuelle som et hjelpemiddel for å oppfylle flere av kriteriene i kapittelet Helse og Inneklima. Det som kreves for å gjøre en slik simulering er en bygningsmodell som inneholder spesifisert informasjon til akkurat denne oppgaven. Dette kan for eksempel være, i tillegg til grunnleggende BIM-krav, spesifikasjon av egenskaper til vinduene.

I BREEAM-NOR er det mulig å oppnå totalt seks poeng for disse temaene fordelt med tre på dagslys og tre på belysning. Hea 1-3 på dagslys og Hea 4-6 på belysning. Ett av kriteriene som omhandler belysning er i tillegg en minstestandard som må oppfylles for alle klassifiseringsnivåene. Dette gjelder Hea 4 - høyfrekvent belysning. BREEAM-NOR har valgt å la dette være en minstestandard fordi det er opparbeidet så god praksis på dette området i bransjen i dag at det ikke vil være hensiktsmessig å belønne noe som allikevel er tilfredsstillende i de fleste prosjekter.

## 2.8.2 Termisk komfort og luftkvalitet

" *Termisk komfort* er en sinnstilstand der vi uttrykker full tilfredshet med de termiske omgivelser."(Sørensen)

Med termiske omgivelser menes

- lufttemperatur
- strålingstemperatur
- luftfuktighet
- lufthastighet

I tillegg til disse vil bekledning og aktivitetsnivå være avgjørende for termisk tilfredshet. I kontorlokaler, som denne oppgaven konsentrerer seg om, vil brukerne være ekstra sensitive for de termiske omgivelsene da de sitter i ro store deler av dagen. Helse og Inneklima tar hensyn til termiske omgivelser i to kriterier.

Mennesket selv er den største kilden til CO<sub>2</sub>-forurensning av innelufta. Spesielt gjelder dette arealer der det oppholder seg større folkemengder over en viss tid, som for eksempel i klasserom og auditorier. I slike arealer er det viktig med tilstrekkelig tilførsel av friskluft for å holde CO<sub>2</sub>-nivået nede.

For å beregne dette benyttes det et program som kan simulere luftstrømmer og temperatur. Det samme programmet brukes til å beregne tilgangen på friskluft i forhold til tilførselen av CO<sub>2</sub> i innemiljøet.

## 2.8.3 Akustisk ytelse

Med design som øker den akustiske ytelsen til et prosjekt har stor betydning for hvordan brukerne trives i bygget. Den kan ha påvirkning på konsentrasjonsevnen og dermed produktivitetnivået. Dårlig lyddesign øker sjansene for støy som kan forårsake mistrivsel og ha negativ innvirkning på helsen. Gode lydforhold kan ha motsatt effekt.

I BREEAM-NOR finnes det ett tilgjengelig poeng for god lyddesign. Dette poenget kan prosjektet oppnå ved å imøtekomme kravene for akustisk ytelse i forhold til NS 8175. Denne er en standard for lydklassifisering.

### 3. Metode

I denne oppgaven er det valgt å besvare to problemstillinger, og begge må besvares med forskjellige tilnæringsmetoder.

Som det fremgår av den første problemstillingen vil denne fokusere på *muligheten* for å implementere deler av BREEAM-NOR i et BIM-samarbeid. Eller sagt det på en annen måte, hvor *egnet* deler av BREEAM-NOR er til å implementeres i BIM. Fra dette er det valgt å kalle den ene delen av oppgaven en *egnehetsstudie*.

Del to kan sies å være en verifisering av egnetheten. Denne er valgt å fremstille med en IDM. Grunnen til at dette gjøres er for å vise, ved hjelp av passende teknologi, at kriteriene er egnet for implementering i et BIM-samarbeid.

Den første problemstillingen går ut på å studere miljøklassifiseringssystemet BREEAM-NOR, kapittelet Helse og Inneklima. Ut ifra forutsetningene er det valgt å gjøre en saklig og objektiv vurdering av litteraturgrunlaget. Dette har resultert i en rekke observasjoner som synes relevante for denne problemstillingen. Metoden kan sies å være en blanding av kvalitativ og kvantitativ metode. Først gjøres det en vurdering av en mengde litteratur. Vurderingen av denne litteraturen gjøres igjen på bakgrunn av en rekke forutsetninger fra grunnleggende teori. Dette resulterer i en systematisk analyse av innholdet. Denne analysen fører til at det kan trekkes ut kvantitative resultater som i denne oppgaven foreligger som tabeller. Den kvantitative delen av resultatene er i denne oppgaven viktig for å, på en enkel fremstillingsmåte, vise hvor egnet kapittelet Helse og Inneklima er for implementering i BIM.

Den andre problemstillingen skal resultere i en standardisert manual, IDM, som kan benyttes for å gjøre et BIM-samarbeid lettere. For denne manualen finnes det en rekke rammer som utvikleren skal holde seg innenfor. Til grunn for disse rammene ligger ISO-standarden 29481-1. Det essensielle med en IDM er at et datasystem skal kunne trekke ut relevant informasjon fra den for å gjøre en spesifikk oppgave i et byggeprosjekt. For at et datasystem skal kunne finne og bruke denne informasjonen er det hensiktsmessig at den er entydig og foreligger som kvantifiserbare enheter. Ved å analysere to av kriteriene i BREEAM-NOR er det trukket ut og definert entydig informasjon som kan benyttes i den delen av BIM-samarbeidet der bygningsmodellen sjekkes opp mot forhåndsdefinerte regler i et modellsjekkings- eller simuleringsprogram.



## **4. Gjennomføring**

Gjennomføringen av oppgaven består først av en analyse av hele kapittelet Helse og Inneklima der det vurderes hvor egnet disse kriteriene er for implementering i BIM. Dette avgjøres ved om det kan trekkes ut informasjon fra kriteriene som kan lagres som IFC-entiteter i en bygningsmodell. Den andre delen består i å gjøre en grundigere analyse av de to første kriteriene i kapittelet som fører til utarbeidelse av et forslag til IDM for disse to kriteriene.

### **4.1 Analyse av Helse og Inneklima**

Denne analysen baserer seg på informasjonsutvekslingen som foregår mellom de ulike relevante aktørene i prosjektet og BIM-modellen. Relevante aktører er de som har kompetanse på og tilgang til programvare som er aktuelt for å oppfylle kravene i det enkelte kriteriet. Når det gjøres vurderinger på informasjonskrav er åpenBIM-teknologien og de tilhørende standardene brukt som utgangspunkt.

Analysen i denne delen av oppgaven vil foreligge som tabeller med forkortet oversikt over alle kriteriene i kapittelet Helse og Inneklima. Tabellene er utfyllt med tilhørende kommentarer og vurderinger på hvordan kravene til informasjon i kriteriene bør spesifiseres for at de skal være hensiktsmessige å implementere i BIM. Det er én tabell/oversikt for hvert kriterium som forklarer på en ikke-teknisk måte hvordan prosjektet og de aktuelle prosjekterende kan gå frem for å spesifisere kravene i en BIM-modell. En mer teknisk fremgangsmåte vil foreligge i forslaget til IDM for kriteriene Hea 1 og Hea 2 i kapittel 5.2.

I BIM-modellen stilles det en rekke krav til IFC-entiteter. Disse kan for eksempel være krav til objektenes eksistens, egenskaper eller relasjoner. Der disse entitetene er obligatoriske i alle sammenhenger i prosjektet refereres de til som grunnleggende BIM-krav. Denne oppgaven ser på grunnleggende BIM-krav som blant annet vegger, dekker, vinduer og dører, altså objekter som har fysisk eksistens i modellen. Eksistensen til disse objektene blir ikke vurdert her, kun de utvidede egenskapene som er relevante for de ulike kriteriene i BREEAM-NOR.

For å systematisere analysen vil tabellen på neste side være en mal for å vise hvordan denne undersøkelsen er bygget opp.

Navn på kriterie – Område – antall tilgjengelige poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p>Her vil det være en oversikt over kravene i kriteriet og eventuelle utfyllende kommentarer.</p>	<p><b><u>Spesielle forhold:</u></b> Her nevnes det hvis det er noen spesielle forhold som er relevante for analysen.</p> <p><b><u>Minstestandard:</u></b> Denne nevnes der kriteriet er en minstestandard for å oppnå BREEAM-NOR-klassifisering eller hvis det er en minstestandard for å oppnå enkelte av klassifiseringsnivåene.</p> <p><b><u>Relevante aktører:</u></b> Her listes opp de aktørene som er relevante for å berike modellen med den utvidede informasjonen som kreves for å gi prosjektet muligheten til å oppnå det aktuelle BREEAM-poenget.</p> <p><b><u>Krav utenom BIM:</u></b> Her gis det en forklaring på krav i kriteriet som er utenfor ordlyden til oppgaven eller som ikke er relevante å dokumentere i en BIM-modell. Det kan for eksempel være krav fra eksterne dokumenter.</p> <p><b><u>Krav til modellen:</u></b> Her gjøres det en vurdering av hvilken informasjon som må spesifiseres i BIM-modellen for å gjøre eventuelle modellsjekker eller simuleringer.</p> <p><b><u>Simulering/modellsjekking:</u></b> Her forklares det hvordan en modellsjekk gjøres for det aktuelle kriteriet eller hvilke simuleringer som er nødvendige.</p> <p>Til slutt forklares kort arbeidsprosessen som fører frem til oppnåelsen av poenget.</p> <p><b><u>Konklusjon:</u></b> Her kommer det en kommentar på om kriteriet er mulig å oppnå hele ved hjelp av BIM-verktøy eller ikke.</p>

Hea 1 – Dagslys – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• At dagslys i kontorarealer designes etter beste praksis.</li> <li>• Dagslysfaktorer, både gjennomsnittlig og for et punkt.</li> <li>• Utsyn til himmel fra skrivebordshøyde.</li> <li>• Romdybde.</li> </ul> <p>For å oppnå dette poenget må nødvendigvis ikke alle kravene innfris. Det gis allikevel en beskrivelse av tiltak for alle kravene da ulike prosjekter velger ulike tilnæringsmetoder for å oppnå dette poenget.</p>	<p><b>Krav utenom BIM:</b> Her henvises det til bruk av tre eksterne dokumenter som veiledning for design av dagslystilgang. Krav fra disse dokumentene blir ikke tatt hensyn til i denne oppgaven.</p> <p><b>Relevante aktører:</b> Arkitekt Lysdesigner</p> <p><b>Krav til modellen:</b> For dette BREEAM-NOR-kriteriet må arealene spesifiseres da det kun er kontorarealer som det skal gjøres beregninger på her. Disse lagres som IFC-arealer med navnet "kontorarealer".</p> <p>Det vil også være hensiktsmessig med tekniske spesifikasjoner til vinduene i forhold til hvor mye lys som slippes inn og hvor mye som reflekteres. Vinduene lagres som IFC-filer i modellen og tilegnes produktspesifikasjon slik at relevante egenskaper kan suppleres fra IFD-biblioteket. Overflate på innvendige vegger vil også være relevant i denne sammenheng.</p> <p>Da kriteriet skiller på to intervaller av breddegrad bygget er plassert på, vil også denne informasjonen være relevant å lagre i modellen.</p> <p>For å få nøyaktige simuleringer kan det også være nødvendig med en områdemodell der eventuelle hindringer for sollyset blir tatt med i beregningen.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b> Dagslysfaktorer beregnes i egnet simuleringsprogram.</p> <p>Utsyn til himmel fra skrivebordshøyde samsvarer i BREEAM-NOR med arealer på arbeidsplanet(0,8 meter over gulvet) mottar direkte himmellys. Dette kan beregnes med en egen funksjon i simuleringsprogrammet.</p> <p>Krav til romdybde skal tilfredsstillende en formel som er oppgitt i BREEAM-NOR-manualen. At rommene oppfyller kravet til denne formelen kan beregnes i et simuleringsprogram.</p> <p><b>Konklusjon:</b> I dette kriteriet kan alle paragrafene innfris ved hjelp av BIM-verktøy.</p>

Hea 2 – Utsyn – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Tilstrekkelig utsyn fra relevante bygningsarealer.</i></li> <li>• Avstand fra arbeidsstasjoner til vindu/permanent åpning.</li> <li>• Størrelse på vindu i forhold til innvendig veggareal.</li> </ul> <p>Dette kriteriet består av kun én paragraf som må oppfylles for å oppnå ett poeng. Paragrafen er delt opp her for å gjøre analysen mer oversiktlig.</p>	<p><b>Spesielle forhold:</b></p> <p>I BREEAM-NOR setter uttrykket <i>tilstrekkelig utsyn</i> flere krav. Det skal ideelt være utsyn gjennom et yttervindu til landskap eller omkringliggende bygg samt aktiviteter på bakken fra øyenivå. Et annet krav er at underkant vindu skal være maksimum 0,9 meter over underliggende gulv.</p> <p><i>Relevante bygningsarealer</i> samsvarer med arealer der det kommer til å være arbeidsstasjoner for byggets brukere.</p> <p><b>Relevante aktører:</b></p> <p>Arkitekt</p> <p><b>Krav til modellen:</b></p> <p>I bygningsmodellen må de relevante arealene, altså arbeidsstasjonene, defineres for muligheten til å oppnå dette kriteriet. Denne informasjon er spesiell for dette BREEAM-kriteriet, og ikke et grunnleggende BIM-krav. Her kan det tenkes at arealene som er aktuelle lagres som IFC-filer og navngis med "Relevante bygningsarealer" så disse kjennes igjen i BIM-verktøyet.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b></p> <p>For å beregne dette vil det være hensiktsmessig å benytte et modellsjekkingsprogram hvor forhåndsdefinerte regler kan verifisere om modellen tilfredsstiller kravene eller ikke. For dette kriteriet vil det være nødvendig med flere regler da det er flere geometriske krav som må oppfylles.</p> <p>Først må modellsjekkeren finne de "relevante bygningsarealene", deretter sjekke om arealene oppfyller kravet om tilstrekkelig utsyn. For å sjekke for tilstrekkelig utsyn må i utgangspunktet to forhold verifiseres. Det detaljerte forslaget til beregning av dette vil bli beskrevet i forslaget til IDM for dette kriteriet. Forslaget vil i hovedsak basere seg på at det lages en formel som beskriver dette utsynet og som kan beregnes av en modellsjekker.</p> <p>Avstand fra vindu til underliggende gulv beregnes av en enkel formel, det samme med avstand fra arbeidsstasjon til vindu og %-andel vindu i forhold til innvendig veggareal.</p> <p><b>Konklusjon:</b></p> <p>Dette kriteriet setter krav til geometriske og fysiske forhold i modellen, og vil kunne innfris ved hjelp av BIM-verktøy.</p>

Hea 3 – Blendingskontroll – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brukerkontrollert solskjermingsystem på alle vinduer, glassdører og takvinduer i alle <i>relevante bygningsarealer</i>.</li> </ul>	<p><b>Spesielle forhold:</b>                      Relevante bygningsarealer samsvarer som i forrige kriterium med alle arealer der det skal være arbeidsstasjoner for brukerne av bygget.</p> <p><b>Relevante aktører:</b>                      Arkitekt                      Rådgivende ingeniør elektro(RIE)</p> <p><b>Krav til modellen:</b>                      Som i forrige kriterium må det også her defineres arbeidsstasjoner i modellen. Dette gjøres av arkitekten, og de lagres på samme måte som for forrige kriterium.</p> <p>Solskjermingssystemet legges inn i BIM-modellen av RIE. Systemet må lagres med relasjoner til alle vinduer, glassdører og takvinduer i tilknytning til "relevante bygningsarealer". De legges inn i modellen som IFC-filer med relevante spesifikasjoner. Relevant for dette kriteriet vil være produktspesifikasjon. Når dette er spesifisert vil IFD-biblioteket inneha resten av den nødvendige informasjonen om for eksempel at systemet er brukerstyrt. Denne informasjonen vil da kjennes igjen i modellsjekkeren som skal brukes som et hjelpemiddel for å oppnå poeng for dette kriteriet.</p> <p>Det vil også være relevant å spesifisere styringssystemet og hvor i rommet dette er plassert.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b>                      Her brukes det en modellsjekker. Det første som sjekkes er om det eksisterer solskjermingsystem på alle vinduer, glassdører og takvinduer i de relevante bygningsarealene.</p> <p>I modellsjekkeren kan det for dette kriteriet være relevant å legge inn en produktliste for solavskjermingsystemer som oppfyller disse kravene. Denne listen sjekkes opp mot spesifikasjonene i modellen. Det er viktig at IFD-biblioteket hele tiden holdes oppdatert med produkter som innfris kravene og er tilgjengelig for de prosjekterende.</p> <p><b>Konklusjon:</b>                      Hele dette kriteriet kan innfris ved hjelp av BIM-verktøy.</p>

<b>Hea 4 – Høyfrekvent belysning – minstestandard – 1 poeng</b>	
<b>Forkortet innhold</b>	<b>BIM-vurderinger</b>
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Høyfrekvente ballaster i alle relevante lyskilder. Dette for å hindre flimrer fra lyskildene.</li> </ul>	<p><b>Minstestandard:</b>                      Dette kriteriet er en minstestandard for alle klassifiseringsnivåene, og må derfor oppfylles i alle prosjekter for å få et BREEAM-NOR-sertifikat.</p> <p><b>Relevante aktører:</b>                      Arkitekt                      Rådgivende ingeniør elektro(RIE)</p> <p><b>Krav til modellen:</b>                      Her vil det være nødvendig å spesifisere lyskildene som IFC-filer i modellen. Produktspesifikasjon vil inneholde detaljert informasjon om de valgte lyskildene, for eksempel om de er utstyrt med høyfrekvente ballaster for å hindre flimrer.</p> <p><b>Simulering/modellsjekk:</b>                      Modellsjekkeren vil med en enkel verifiseringsregel sjekke om modellen inneholder produkter fra en godkjent produktliste med produkter som oppfyller dette kravet. Her er det også viktig at denne listen holdes oppdatert med godkjente produkter.</p> <p><b>Konklusjon:</b>                      Prosjektet kan oppnå dette poenget ved bruk av BIM-verktøy.</p>

Hea 5 – Interne og eksterne lysnivåer – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Samsvar med beste praksis for belyningsstyrke, blanding og belysningens jevnhet i alle arbeidsfelt.</li> </ul>	<p><b><u>Krav utenom BIM:</u></b> Her henvises det til bruk av to eksterne dokumenter som veiledning for lysdesign. Kravene fra disse dokumentene vil ikke bli vurdert i denne oppgaven.</p> <p><b><u>Relevante aktører:</u></b> Arkitekt Rådgivende ingeniør lys(RIL)</p> <p><b><u>Krav til modellen:</u></b> Alle de tre punktene i kriteriet henviser til bruk av eksterne dokumenter som veiledning. Kravene fra disse dokumentene vil ikke bli vurdert i denne oppgaven, men det kan tenkes at kravene til informasjon i BIM-modellen vil være spesifikasjoner av alle arbeidsfelt og lyskilder.</p> <p><b><u>Simulering/modellsjekking:</u></b> Disse kravene er hensiktsmessige å imøtekomme ved hjelp av et simuleringsprogram som kan simulere både innendørs og utendørs belysning. Dette sjekkes opp mot kravene og grenseverdiene til dokumentene som samsvarer med beste praksis.</p> <p><b><u>Konklusjon:</u></b> Poenget kan oppnås ved bruk av BIM-verktøy.</p>

Hea 6 – Lyssoner og lysstyring – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Soneinndelt belysning for separat brukerkontroll. Ulike krav til soneinndeling for ulike arealtyper.</li> </ul>	<p><b>Spesielle forhold:</b> For å ta et eksempel med én av arealtypene så velges det å se på kravene til kontorarealer. Her kreves det at det eksisterer separat brukerkontroll for ikke mer enn 4 arbeidsstasjoner. Det vil si at hvis det er et åpent kontorlandskap med 20 arbeidsstasjoner så krever det 5 uavhengige brukerkontroller.</p> <p><b>Relevante aktører:</b> Arkitekt Rådgivende ingeniør elektro(RIE)</p> <p><b>Krav til modellen:</b> Først må kontorarealene og arbeidsstasjonene spesifiseres i arkitektmodellen. Kontorarealene spesifiseres med navn for å kunne skille de ulike arealtyperne dette kriteriet gjelder for.</p> <p>Belysningssonene defineres deretter av RIE. Her er det også hensiktsmessig å legge inn kontrollene i modellen så modellsjekkeren kan verifisere at det eksisterer brytere i alle sonene.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b> Med dette eksempelet med kontorarealer vil det være hensiktsmessig å lage en regel i modellsjekkingsprogrammet som sier hvor mange belysningssoner som kreves for et visst antall arbeidsstasjoner.</p> <p><b>Konklusjon:</b> For dette kriteriet er det mulig å oppnå poeng kun ved hjelp av BIM-verktøy.</p>



Hea 7 – Potensial for naturlig ventilasjon – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• %-andel vindusarealer med vinduer som kan åpnes i kontorarealer og at de er jevnt fordelte.</li> <li>• Tilstrekkelig gjennomstrømning av luft som imøtekommer påkrevde termiske forhold og ventilasjonsrater.</li> <li>• Brukerkontroll av friskluftforsyning.</li> </ul> <p>For dette kriteriet må kun ett av de to øverste kravene samsvare i tillegg til det tredje.</p>	<p><b>Relevante aktører:</b> Arkitekt Rådgivende ingeniør VVS(RIV)</p> <p><b>Krav til modellen:</b> Kontorarealene spesifiseres i modellen. Disse spesifiseres på samme måte som i de foregående kriteriene, ved at IFC-arealene får navnet "kontorarealer".</p> <p>Vinduer som kan åpnes, og om de kan åpnes manuelt, må også spesifiseres for dette kriteriet. Her vil det være hensiktsmessig med spesifisering av egenskaper som modellsjekkeren kan gjenkjenne for å sjekke om de kan åpnes manuelt eller ikke.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b> Kravet til %-andel vindusarealer i forhold til gulvareal kan med en enkel regelsjekk verifiseres i modellsjekkingsprogrammet. Kravet om jevnt fordelte vindusarealer vil kunne sjekkes i en modellsjekker hvis dette er forhåndsdefinert med en formel.</p> <p>For å beregne gjennomstrømningen av luft benyttes det et simuleringprogram som sjekker modellen opp mot påkrevde forhold. Dette krever at rett informasjon er tilgjengelig i BIM-modellen.</p> <p>Brukerkontrollene, enten de er manuelle eller automatiske, vil være definert i modellen, og modellsjekkeren sjekker om disse er til stede eller ikke med en enkel verifiseringsregel.</p> <p><b>Konklusjon:</b> Alle kravene i dette kriteriet kan innfris ved hjelp av BIM-verktøy.</p>

Hea 8 – Ventilasjonsløsning for å sikre innendørs luftkvalitet – 2 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Designkrav i henhold til Teknisk forskrift.</li> <li>• Utførelser og etterprøving av luftmengder og luftkvalitet.</li> <li>• Spesifiserte luftkvalitetssensorer.</li> <li>• Plassering av luftinntak.</li> <li>• Drift- og vedlikeholdsplan for ventilasjonsanlegget.</li> <li>• Mulighet for overstyring av eventuell nattsinking.</li> <li>• Dokumentasjon på drift- og vedlikeholdsrutiner av ventilasjonsanlegget.</li> </ul> <p>Ett poeng oppnås ved innfrielse av de første fem kravene. Deretter er det mulig å oppnå to poeng hvis i tillegg de to siste oppfylles.</p>	<p><b>Minstestandarder:</b></p> <p>I dette kriteriet settes krav til minstestandard for de tre høyeste klassifiseringsnivåene. For å oppnå <i>Very Good</i> eller <i>Excellent</i> må prosjektet oppnå minst ett poeng fra dette kriteriet. For å oppnå klassifiseringsnivået <i>Outstanding</i> kreves det at prosjektet innfrir hele kriteriet og oppnår to poeng.</p> <p><b>Krav utenom BIM:</b></p> <p>Flere av paragrafene i dette kriteriet henviser til eksterne dokumenter, og de fleste krever dokumentasjon. Krav fra de eksterne dokumentene er utelatt fra denne oppgaven. Det kreves også at det foreligger dokumentasjon på drift- og vedlikeholdsplaner som går utenfor den fysiske bygningsmodellen.</p> <p><b>Relevante aktører:</b></p> <p>Arkitekt Rådgivende ingeniør VVS(RIV)</p> <p><b>Krav til modellen:</b></p> <p>Av BIM-modellen kreves det i tillegg til arkitektmodellen et fullverdig ventilasjonsanlegg med systemspesifikasjoner. Anlegget legges inn i modellen som IfcSystem-filer med relevante spesifikasjoner.</p> <p>Spesifisering av luftkvalitetssensorer og luftinntak.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b></p> <p>Her kan luftmengder og luftkvalitet beregnes i et egnet simuleringsprogram.</p> <p>Luftkvalitetssensorer kan verifiseres i en modellsjekker, men det vil være hensiktsmessig at dette også kan verifiseres i det anvendte simuleringsprogrammet.</p> <p>Kravene til plassering av luftinntak gjøres om til en regel som kan sjekkes i en modellsjekker, men også her vil det være hensiktsmessig at dette kan gjøres i simuleringsprogramet.</p> <p><b>Konklusjon:</b></p> <p>Det er kun deler av dette kriteriet som kan bruke BIM-verktøy til å forenkle oppnåelsen av poeng. Prosjektet kan altså ikke oppnå poengene kun ved hjelp av BIM.</p>

Hea 9 – Forurensning i innemiljø – 2 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rengjøringskvalitet, både under byggeprosessen og ved overlevering.</li> <li>• Utslippsnivå fra et påkrevd antall produktkategorier, samt fra interiørmaling og lakk.</li> <li>• At mineralfiberprodukter ikke kan avgir fibre til romluften.</li> </ul> <p>Her kan prosjektet først oppnå ett poeng for å innfri de spesifiserte kravene. Deretter har det mulighet til å få tildelt ett poeng ekstra for å supplere med én ekstra produktkategori som tilfredsstillere kravene til utslippsnivå.</p>	<p><b>Minstestandard:</b> I dette kriteriet settes det som i Hea 8 krav til minstestandarder for de tre høyeste klassifiseringsnivåene. Her må prosjektet oppnå minst ett poeng fra dette kriteriet for muligheten til å klassifisere til <i>Very Good</i>. Hele kriteriet må innfris og to poeng oppnås for muligheten til å klassifisere prosjektet til <i>Excellent</i> eller <i>Outstanding</i>.</p> <p><b>Krav utenom BIM:</b> Kravene til rengjøringskvalitet og dokumentasjon på dette kan ikke spesifiseres i bygningsmodellen og vurderes derfor ikke i denne oppgaven. Det settes også krav fra eksterne dokumenter som ikke vurderes i denne oppgaven.</p> <p><b>Relevante aktører:</b> Arkitekt Rådgivende ingeniør miljø(RIM)</p> <p><b>Krav til modellen:</b> Materialvalgene spesifiseres i bygningsmodellen og legges inn med produktspesifikasjoner. IFD-biblioteket supplerer med utvidet informasjon, som for eksempel at materialet er godkjent etter relevante standarder og eventuelle utslippsnivåer.</p> <p>Mineralfiberproduktene blir også spesifisert i modellen. Denne informasjonen foreligger som utvidet informasjon til de veggtypene som blir valgt og lagt inn som IFC-filer.</p> <p><b>Simulering/modellsjekk:</b> For å gjøre en modellsjekk på materialvalgene kan det være nødvendig at det foreligger en liste i modellsjekkingsprogrammet med godkjente materialer og at denne listen blir sjekket opp mot materialspesifikasjonene i bygningsmodellen.</p> <p>For å kunne sjekke om mineralfiberproduktene ikke avgir fibre til luften må disse nødvendigvis være innebygget og ligge bak andre materialer. Dette kan sjekkes opp mot en forhåndsdefinert regel i modellsjekkingsprogrammet.</p> <p><b>Konklusjon:</b> Her kan kun deler av kriteriet benytte BIM-verktøy for oppnåelse av poeng. Oppgaven konkluderer derfor med at kriteriet delvis kan innfris ved hjelp av BIM-verktøy.</p>

Hea 10 – Termisk komfort – 2 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analytisk beregning av termiske komfortnivåer. Disse skal samsvare med standardiserte nivåer.</li> <li>• Designavgjørelser basert på termisk modellering.</li> </ul> <p>Dette kriteriet er inndelt i to uavhengige deler. Den første delen som krever termisk analyse gir prosjektet mulighet til å oppnå ett poeng, og den andre delen som setter krav til designavgjørelser basert på termisk modellering gir mulighet til to poeng.</p>	<p><b>Krav utenom BIM:</b></p> <p>Den analytiske beregningen skal basere seg på krav fra standarder, og vil ikke ha direkte tilknytning til bygningsmodellen. Dette blir derfor ikke vurdert i denne oppgaven. Det som analyseres er forholdene rundt den termiske modelleringen.</p> <p><b>Relevante aktører:</b></p> <p>Arkitekt Rådgivende ingeniør VVS(RIV)</p> <p><b>Krav til modellen:</b></p> <p>Den termiske modelleringen setter krav til informasjon i bygningsmodellen. Her bør de grunnleggende BIM-kravene være spesifisert fra arkitekten.</p> <p>I tillegg bør ventilasjonsmodellen fra RIV være komplett for å kartlegge de termiske forholdene. For å få til gode termiske løsninger krever dette et tett samarbeid mellom ARK og RIV i designprosessen.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b></p> <p>Modelleringen gjøres i et BIM-analyseverktøy som oppfyller kravene til kvalitetssikret modellering. Etter at den ønskede designen er oppnådd må de to nevnte modellene settes sammen for å få en fullverdig termisk analyse.</p> <p><b>Konklusjon:</b></p> <p>Del én av kriteriet kan ikke oppnås ved hjelp av BIM-verktøy. Det kan kun del to. Siden det er mulig å oppnå del to uavhengig av del én, så ser oppgaven det som mulig å implementere dette kriteriet i BIM.</p>

Hea 11 – Termisk soning – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuell brukerkontroll av varme-/kjølesystemer over sonede områder.</li> </ul>	<p><b>Spesielle forhold:</b>                      Dette kriteriet gjelder for alle <i>områder som er i bruk</i> i bygget. Definisjonen av disse områdene er der det forventes at brukerne skal kunne styre temperaturen.</p> <p><b>Relevante aktører:</b>                      Arkitekt                      Rådgivende ingeniør VVS(RIV)                      Rådgivende ingeniør elektro(RIE)</p> <p><b>Krav til modellen:</b>                      Arealene eller områdene som er i bruk må spesifiseres for dette kriteriet, så det ikke gjøres beregninger i områder hvor det ikke er nødvendig. Her kan det tenkes at det spesifiseres IFC-arealer som navngis "områder som er i bruk".</p> <p>Her må det nødvendigvis finnes informasjon om varme-/kjølesystemet til prosjektet. Disse legges inn i modellen til RIV som IfcSystem-filer. I tillegg må brukerkontrollene til systemet spesifiseres sammen med sonene. Disse bør RIE ha ansvaret for å spesifisere i modellen.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b>                      Her vil det være hensiktsmessig med en modellsjekk som først gjenkjenner alle områder som er i bruk i bygget. Deretter sjekkes det om brukerkontrollene og soneinndelingen til varme-/kjølesystemet stemmer overens med forhåndsdefinerte regler.</p> <p><b>Konklusjon:</b>                      Dette kriteriet kan innfris ved hjelp av BIM-verktøy.</p>

Hea 12 – Mikrobiell forurensning – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• At <i>relevante vannsystemer</i> er designet i samsvar med nasjonale veiledninger for forebygging av legionellasmitte.</li> <li>• Ingen luftfukting, eller kun luftfukting med damp.</li> </ul>	<p><b>Krav utenom BIM:</b>                      Krav fra nasjonale veiledninger går utover ordlyden til denne oppgaven. Det må allikevel tenkes at det spesifiseres vannsystemer i modellen som er designet etter disse veiledningene og som kan brukes i BIM-sammenhenger.</p> <p><b>Relevante aktører:</b>                      Rådgivende ingeniør VVS(RIV)</p> <p><b>Krav til modellen:</b>                      Her må vannsystemene og luftfuktingssystemene spesifiseres i modellen. Disse legges inn som IfcSystem-filer. Det finnes ingen andre krav til vannsystemet annet enn at det er designet etter nasjonale veiledninger. Kravene fra disse veiledningene vurderes ikke i denne oppgaven.</p> <p>Luftfuktingssystemene må spesifiseres på samme måte, som IfcSystem, og her er det viktig at de spesifiseres med damp eller ikke. Denne informasjonen vil være tilgjengelig som utvidet informasjon om egenskaper.</p> <p><b>Simulering/modellsjekking:</b>                      Her vil det være hensiktsmessig at det lages noen regler ut ifra kravene i nasjonale veiledninger som kan sjekkes i en modellsjekker.</p> <p>Egenskaper til luftfuktingssystemene sjekkes i modellsjekkeren.</p> <p><b>Konklusjon:</b>                      Dette kriteriet kan innfris ved hjelp av BIM-verktøy.</p>

Hea 13 – Akustisk ytelse – 1 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lydklasse på innvendig anvendt areal.</li> <li>• Støy fra tekniske installasjoner.</li> <li>• Akustisk testing før ferdigstillelse utført av kvalifisert akustikkeksper.</li> </ul>	<p><b>Spesielle forhold:</b> Den akustiske ytelsen skal tilfredsstillende lydklasser i henhold til NS 8175 – lydklassifisering. Denne standarden må være tilgjengelig for de relevante aktørene under design- og prosjekteringsfasen som en veileder.</p> <p><b>Krav utenom BIM:</b> Krav til akustisk testing av en akustikkeksper vil ikke inngå i BIM da denne testingen skal gjøres rett før bygget ferdigstilles, og ikke under design- og prosjekteringsfasen. Dette vil si at poenget ikke kan oppnås kun ved hjelp av BIM-hjelpemidler.</p> <p><b>Relevante aktører:</b> Arkitekt Rådgivende ingeniør akustikk(RIA) Rådgivende ingeniør VVS(RIV) Rådgivende ingeniør elektro(RIE)</p> <p><b>Krav til modellen:</b> For å tilfredsstillende kravene for akustisk ytelse kreves det at det gjøres design- og materialvalg som imøtekommer verdiene for disse lydklassene. Det må gjøres en rekke valg fra arkitektens side med hensyn til både romgeometri og valg av innvendige materialer i vegger og tak. Her kan det være nødvendig at arkitekten samarbeider med RIA for å komme frem til de beste løsningene. Materialene med for eksempel lyddempende effekt vil være representert i BIM-modellen som egenskaper til objektene og lagret som IFC-entiteter. Disse egenskapene kan leses av simuleringsprogrammet som foretar en akustisk analyse av modellen.</p> <p>Arkitekten må også definere <i>anvendt areal</i> i modellen som det arealet som skal benyttes til denne simuleringen. Denne spesifiseringen er nødvendig for at simuleringsprogrammet ikke foretar unødvendige beregninger, men kun på de arealene som er relevante for dette kriteriet.</p> <p>I tillegg må RIV og RIE ha tilgang på produktlister av tekniske installasjoner som tilfredsstillende kravene i NS 8175. De valgte produktene lagres som objekter i de respektive modellene. Hvilken lydklasse de enkelte produktene tilfredsstillende vil være spesifisert som utvidede egenskaper til objektene.</p> <p><b>Simulering/modellsjekk:</b> I dette kriteriet vil det være hensiktsmessig at et simuleringsprogram sjekker alle kravene. Eventuelt kan det gjøres en modellsjekk med forhåndsdefinerte regler for enkelte av kravene.</p>

	<p>Den første paragrafen krever at anvendte arealer tilfredsstillende lydklasse C i NS 8175. For å innfri dette vil det være hensiktsmessig å utføre en akustisk simulering av BIM-modellen med all relevant objektinformasjon som nevnt ovenfor. Verdiene som kreves for å tilfredsstillende denne lydklassen legges inn som grenseverdier i programmet, og simuleringen viser om arealene imøtekommer kravene eller ikke.</p> <p>I tillegg til å gjøre en helhetlig akustisk simulering av bygget, vil programmet også finne ut om støyen fra de tekniske installasjonene imøtekommer kravene om lydklasse B.</p> <p><b>Konklusjon:</b> I dette kriteriet er det kun deler som kan innfris ved hjelp av BIM-verktøy. Dette gjelder kravene om lydklasse.</p>
--	--



Hea 14 – Kontorarealer – 2 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Å oppfylle et antall av de foregående kriteriene i kapittelet Helse og Inneklima for mindre kontorer i industri- og varehandel-prosjekter.</li> </ul>	<p><b>Konklusjon:</b></p> <p>Dette kriteriet gjelder kun for industri- og varehandel-prosjekter. Disse prosjektene går utenfor ordlyden til oppgaven, og vil ikke bli vurdert her.</p>

Hea 20 – Fuktsikring – 3 poeng	
Forkortet innhold	BIM-vurderinger
<p><b>Krav til:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utarbeidelse av planer og dokumentasjon av en rekke tiltak for sikring mot fuktskader, blant annet produktdokumentasjon.</li> </ul>	<p><b>Krav utenom BIM:</b></p> <p>Det henvises til en rekke eksterne dokumenter, Byggdetaljer og NS, som skal være veiledere for utarbeidelse av planer for og dokumentering av fuktsikringstiltak. Krav fra eksterne dokumenter er ikke tatt hensyn til i denne oppgaven, og vil ikke bli vurdert her.</p> <p><b>Minstestandard:</b></p> <p>For å klassifisere til de tre høyeste klassifiseringsnivåene må prosjektet oppnå minst ett poeng for dette kriteriet.</p> <p><b>Krav til modellen:</b></p> <p>I dette kriteriet finnes det ingen informasjon om krav som kan knyttes direkte til bygningsmodellen. Det vil allikevel være hensiktsmessig at den relevante aktøren har tilgang til en liste med materialer som tilfredsstiller fuktsikringskravene. Med åpenBIM-teknologien er det ønskelig at all materialdokumentasjon skal foreligge i bygningsmodellen, noe som vil være relevant for dette kriteriet.</p> <p><b>Konklusjon:</b></p> <p>Dette kriteriet vil hovedsakelig ikke kunne innfris ved hjelp av BIM-verktøy. Det eneste kravet som eventuelt kan benytte BIM er produktdokumentasjonen. Det er valgt å se på dette som et kriterium som må sjekkes manuelt.</p>

## 4.2 Analyse av Hea 1 – Dagslys

I denne analysen gjøres det først en gjennomgang av kriteriet slik det foreligger i BREEAM-NOR versjon 1.0. Deretter kommer det en vurdering av hvordan informasjonen i dette kriteriet eventuelt kan spesifiseres slik at det vil bli hensiktsmessig å utarbeide en IDM som et hjelpemiddel for å oppnå poeng.

Også i denne analysen er det forutsatt at de grunnleggende BIM-kravene er til stede i modellen, og det er kun de spesielle kravene fra kriteriet som vil bli vurdert.

### 4.2.1 Kriteriet Hea 1- Dagslys

1. Tilgangen på dagslys har blitt designet i samsvar med nasjonale retningslinjer for beste praksis for dagslydesign. Dette samsvarer med:

Lyskultur, publikasjon nr. 21, 1998 "Dagslys i bygninger – Prosjekteringsveiledning" samt "Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggeteknisk forskrift)" med veiledning. SINTEF Byggforsk anvisning 421.610 "Krav til lys og belysning"

2. 80% av alle kontorarealer har tilstrekkelig dagslys som følger:
  - a. En gjennomsnittlig dagslysfaktor i samsvar med tabell 5.1 nedenfor.

**Tabell 5.1 Gjennomsnittlig dagslysfaktor målt i en høyde av 0,8 meter i henhold til breddegrad der bygget er plassert**

Breddegrad (°)	Gjennomsnittlig dagslysfaktor		
	Første poeng – alle bygg	Eksemplarisk nivå	
		Enetasjes bygg	Bygg med flere etasjer
55-60	2.1	4.2	3.15
≥60	2.2	4.4	3.3

### **PLUSS enten (b) ELLER (c OG d) nedenfor**

- b. En jevnhet på minst 0.4 (arealer med glasstak, f.eks. atrier, må oppnå en jevnhet på minst 0.7) eller en minimum dagslysfaktor for et punkt i samsvar med tabell 5.2.

**Tabell 5.2 Dagslysfaktor for et punkt i kontorarealer i henhold til breddegrad der bygget er plassert**

Bredde grad (°)	Minimums dagslysfaktorer for punkt					
	Første poeng		Eksemplarisk nivå – enetasjes bygg		Eksemplarisk nivå – bygg med flere etasjer	
	Alle andre arealer	Arealer med glasstak	Alle andre arealer	Arealer med glasstak	Alle andre arealer	Arealer med glasstak
55-60	1.00	1.47	1.68	2.94	1.26	2.205
≥60	1.00	1.54	1.76	3.08	1.32	2.31

**ELLER**

- c. Utsyn til himmelen fra skrivebordshøyde (0.8 m) er oppnådd.

**OG**

- d. Kriteriet for romdybde  $d/w + d/HW < 2/(1-RB)$  er tilfredsstillt.

Der:

d = romdybde

w = rombredde

HW = vindushøyde fra gulvnivå

RB = gjennomsnittlig refleksjonsfaktor fra overflatene i den bakre halvdel av rommet.

Tabellen nedenfor gir maksimale romdybder i meter for ulike rombredder og øverste vindushøyder i sidebelyste rom:

**Tabell 5.3 Refleksjonsfaktor for maksimum romdybder og overkant vinduer.**

Refleksjonsfaktor ( $R_B$ )	0.4		0.5		0.6	
Rombredde (m)	3.0	10.0	3.0	10.0	3.0	10.0
Øverste vindushøyde (m)						
2.5	4.5	6.7	5.4	8.0	6.8	10.0
3.0	5.0	7.7	6.0	9.2	7.5	11.5
3.5	5.4	8.6	6.5	10.4	8.1	13.0

De resterende paragrafene i Hea 1 omhandler industribygg og bygg for varehandel, så grunnet begrensningen i oppgaven er det valgt å se bort fra disse. Også beregninger for eksemplarisk nivå er sett bort fra i denne oppgaven. For å gjøre disse beregningene kan det allikevel være mulig å bruke de samme prinsippene som belyses i forslaget til IDM for punkt 1 og 2a-d.

#### **4.2.2 Kommentarer til Hea 1 - Dagslys**

##### ***Paragraf 1***

Denne paragrafen krever at arkitekten mottar informasjon om hva som må gjøres for å designe tilgangen på dagslys etter nasjonale retningslinjer for beste praksis. Denne informasjonen vil være tilgjengelig for arkitekten i et forhåndsdefinert krav fra BREEAM-NOR. I dette tilfellet er det tre eksterne dokumenter som må følges for å oppfylle dette kravet til design. Det stilles altså krav om et helhetlig design, og ikke krav til spesifisering av objekter for å gjennomføre beregninger. Dette kravet oppfylles under designprosessen før arkitekten leverer fra seg fagmodellen som en IFC-modell til BIM-serveren.

Slik som IDM er bygget opp i dag, etter ISO 29481-1, skal utvekslingskravet inneholde informasjon om objekter og utvidede egenskaper til objekter. Denne informasjonen legges inn i modellen som IFC-filer, og er nødvendig for at fagmodellen skal kunne eksporteres til et annet program for å utføre videre beregninger/oppgaver. Den typen informasjon som kreves av Hea 1, paragraf 1 vil da ikke kunne spesifiseres som et utvekslingskrav i henhold til det som er standard for et utvekslingskrav i dag.

For å komme videre til paragraf 2 i kriteriet vil det være nødvendig at det foreligger informasjon som kan bekrefte at de nasjonale retningslinjene er fulgt. Det tenkes at en BREEAM-AP eller byggherre selv sjekker den første modellen i forhold til disse retningslinjene.

### **Paragraf 2 a**

Paragraf 2 a setter krav til beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor for kontorarealene i prosjektet. Disse utføres i et egnet simuleringsprogram. Simuleringsprogrammene opererer teoretisk sett på samme måte som en modellsjekker ved at de gjennomfører beregninger etter forhåndsdefinerte regler og de setter krav til informasjon i modellen som skal simuleres. Det finnes to typer simuleringsprogrammer. Den ene typen foretar simuleringer direkte i fagmodellen, mens andre krever at modellen importeres til programmet som en IFC-modell. For denne oppgaven som omhandler BIM vil det være hensiktsmessig at simuleringene foretas i et eksternt program, altså simulering av en IFC-modell. Under forklares det hva som kreves av modellen spesielt for dette kriteriet for å gjøre denne simuleringen.

#### **Krav til informasjon i modellen:**

- Her foreligger det informasjon i utvekslingskravet som opplyser arkitekten om hvordan kontorarealer skal defineres i modellen for at simuleringsprogrammet skal kjenne det igjen og kunne gjøre de riktige simuleringene. Et areal kan defineres forskjellig i et normalt romprogram i forhold til den informasjonen som kreves av BREEAM-NOR. For å gjøre denne simuleringen vil det derfor kun være nødvendig å spesifisere de relevante arealene i modellen. Dette vil være tidsbesparende da programmet kun behandler informasjonen som er spesifikk for akkurat denne oppgaven. Arealene defineres i modellen som ifcSpace med navn "Kontorarealer". I simuleringsprogrammet vil det bli definert at det er kun "Kontorarealer" som skal sjekkes, og disse kjennes da igjen fra navnet på IFC-filene.
- Utenom de grunnleggende BIM-kravene som inneholder informasjon om vinduenes geometri og plassering så vil det for dette kriteriet være nødvendig å legge til utvidet informasjon om hvilke typer vindusglass og hvor mye lys de slipper inn. Hvis arkitekten her legger inn produktspesifikasjoner til vinduene vil det i disse spesifikasjonene ligge utvidet informasjon om u-verdier, brannklasser og UV-filter. For dette kriteriet er det informasjon om UV-filteret som vil være relevant i for å vite hvor mye lys som slippes inn og hvor mye som reflekteres.
- Spesifisering av overflate på innvendige vegger kan også være en avgjørende faktor for dette kriteriet. Dette tenkes gjort ved å spesifisere type maling og farge på veggen ved produktspesifikasjon.

- BREEAM skiller mellom to intervaller på breddegrad bygget er plassert på i forhold til krav til dagslysfaktor. Derfor vil det være viktig å få med i IFC-modellen hvilken breddegrad bygget er plassert på så modellsjekkeren kan skille mellom de to intervallene. Dette gjøres ved å legge inn bygnings-ID i modellen der dette er opplyst.
- For å få en nøyaktig simulering vil det også for dette kriteriet være hensiktsmessig å ha med en områdemodell i simuleringen, så eventuelle hindringer for lyset blir medberegnet. Det kan tenkes at det legges inn omkringliggende volumer i BIM-modellen som også eksporteres til simuleringsprogrammet.

Spesifikke krav til BIM-modellen fra dette kriteriet vil da være arealdefinisjon av hvilke arealer som skal simuleres, hvilke vinduer og da spesielt vindusglass som er i bygget, overflate på innvendige vegger, breddegrad på byggetomta og områdemodell med reelle hindringer for lyset.

***Krav til informasjon i simuleringsprogrammet:***

Det som må spesifiseres i simuleringsprogrammet er hvor stor del av kontorarealene som skal tilfredsstille kravet til dagslysfaktor, og hvilken dagslysfaktor og tilhørende breddegrad som kreves.

**Paragraf 2 b**

I denne paragrafen settes det krav til jevnhet eller dagslysfaktor for et punkt. Her er det også kontorarealene som skal beregnes. Spesielt her er at kontorarealene skal deles inn i "arealer med glasstak" og "alle andre arealer". Både jevnhet og dagslysfaktor for et punkt kan beregnes i samme simuleringsprogram som paragraf 2a ved å benytte forhåndsdefinerte beregningsmetoder i programmet. Kravet til jevnhet gjelder, som i forrige paragraf, for 80% av kontorarealet. Det er et høyere krav til jevnhet for "arealer med glasstak" enn for "alle andre arealer". Det samme gjelder kravet til dagslysfaktor for et punkt. Det er kun ett av disse som behøver å være tilfredsstillt, altså enten kravet til jevnhet eller kravet til dagslysfaktor for et punkt.

**Krav til informasjon i modellen:**

For å kunne beregne denne paragrafen kreves det den samme informasjonen som i paragraf 2a. Det vil si spesifikasjon av arealer, vinduer, overflate på vegger, breddegrad og områdemodell. Det eneste som må spesifiseres på en annen måte for denne paragrafen er arealene. Her må kontorarealene deles inn i "arealer med glasstak" og "alle andre arealer", gitt at det finnes "arealer med glasstak". Hvis ikke er det tilstrekkelig med å definere "kontorarealer" som i paragraf 2a.

**Krav til informasjon i simuleringsprogrammet:**

Det som må spesifiseres i simuleringsprogrammet er hvilke jevnheter og dagslysfaktorer for et punkt som kreves for de to arealtypene.

### **Paragraf 2 c**

For å gjøre beregninger av paragraf 2c er det relevant med denne tilleggsinformasjonen:

**Utsyn mot himmel / himmelgrensen:** Arealer på arbeidsplanet har utsyn til himmel hvis de mottar direkte lys fra den, dvs. når himmelen kan ses fra arbeidsplanhøyde. Himmелgrensen skiller de arealene på arbeidsplanet som kan motta direkte himmellys, og de som ikke kan det.

**Arbeidsplan:** Det horisontale, vertikale eller skrånende planet som inneholder synsoppgaven. Arbeidsplanet blir vanligvis satt til 0.8 m over gulvet.

Paragraf 2c kan beregnes i samme simuleringsprogram som paragraf 2 a og b.

Simuleringsprogrammet kan beregne lysforhold for hvilket som helst punkt i bygget. Denne paragrafen gjelder som i de forgående paragrafene også for 80% av kontorarealene.

#### **Krav til informasjon i modellen:**

I tillegg til alle kontorarealer så må også alle arbeidsplan/synsoppgaver spesifiseres i modellen da det er disse som skal sjekkes for "utsyn mot himmel". Dette tenkes gjort ved at alle arbeidsstasjoner legges inn som IFC-objekter i modellen med høyde på 0,8 meter. Disse arbeidsstasjonene kjennes da igjen i simuleringsprogrammet som beregner om det er "utsyn til himmel" fra disse arbeidsplanene.

#### **Krav til informasjon i simuleringsprogrammet:**

Det er ingen spesiell informasjon som må legges inn i simuleringsprogrammet for å gjennomføre denne beregningen. Det må kun spesifiseres at utsynet til himmel skal sjekkes for objektene som er kalt "arbeidsplan".



**Paragraf 2 d**

Denne paragrafen kan også sjekkes i det samme simuleringsprogrammet som de foregående paragrafene. Formelen som 80% av kontorarealene skal samsvare med fremkommer av tabell 5.3 og vil ligge inne i simuleringsprogrammet som en forhåndsdefinert beregningsmetode.

**Krav til informasjon i modellen:**

Denne paragrafen setter kun krav til fysisk eksistens av grunnleggende BIM-krav og geometriske forhold i modellen, og da vil denne informasjonen være tilstrekkelig for å beregne dette.

**Krav til informasjon i simuleringsprogrammet:**

Det kreves ingen annen informasjon lagt inn i simuleringsprogrammet annet enn den formelen som allerede er definert.

### **Uttekslingskrav for Hea 1**

Siden det tenkes at simuleringsprogrammet beregner alle paragrafene i dette kriteriet samtidig er det valgt å kun lage ett utvekslingskrav. Utvekslingskravet består av 4 kolonner. Første kolonne består av informasjon som skal legges inn i modellen beskrevet på en ikke-teknisk form. Andre kolonne inneholder IFC-entiteten som er relevant for dette kriteriet. Tredje kolonne inneholder Property Sets, egenskapssett, der utvidede egenskaper til objektene er relevante for beregningen av kriteriet. Fjerde kolonne består av navn/identitet som simuleringsprogrammet. Der det står ID i denne kolonnen betyr dette at ID-en inneholder blant annet produktspesifikasjoner, relasjoner og annen utvidet informasjon fra IFD-biblioteket.

Uttekslingskrav:

<b>Exchange Requirement Hea 1</b>			
<b>Informasjon</b>	<b>Functional Parts</b>	<b>Property Sets</b>	<b>Navn/identitet</b>
Kontorarealer	ifcSpace.Name		"Kontorarealer"
Kontorarealer med glasstak	ifcSpace.Name	Pset.GlassRoofing.	"Kontorarealer"
Arbeidsplan	ifcInterior		"Arbeidsplan"
Vinduer	ifcWindowType.G UID		ID-en
Overflate på innvendige vegger	ifcWall	Pset.Surface.	ID-en
Geografisk plassering	ifcBuilding	Pset.BuildingCommon.BuildingID	ID-en/ Bygningsnummeret
Områdemodell/ volummodell	ifcVolume		ID/bygningsnummer

### 4.3 Analyse av Hea 2 – Utsyn

I denne analysen gjøres det først en gjennomgang av kriteriet slik det foreligger i BREEAM-NOR ver. 1.0. Deretter kommer det en vurdering av hvordan informasjonen i dette kriteriet evt. kan spesifiseres slik at det vil bli hensiktsmessig å utarbeide en IDM som et hjelpemiddel for å oppnå poeng.

Også i denne analysen er det forutsatt at de grunnleggende BIM-kravene er til stede i modellen, og det er kun de spesielle kravene fra kriteriet som vil bli vurdert.

#### 4.3.1 Kriteriet Hea 2 - Utsyn

1. *De relevante bygningsarealer* er innenfor en avstand på 7 m fra en vertikal yttervegg med et vindu eller en permanent åpning som gir *tilstrekkelig utsyn*, der vinduet/åpningen er  $\geq 20\%$  av det totale innvendige veggarealet og med underkant av vinduet maksimum 0,9 m over underliggende gulv.

For å kunne se på muligheten for å implementere dette kriteriet i BIM og en IDM vil det være nødvendig å spesifisere informasjonen slik at den blir entydig og kan lagres som IFC-entiteter i en bygningsmodell. Først er det nødvendig med en definisjon av *relevante bygningsarealer* og *tilstrekkelig utsyn*. Dette sier samsvarsnotatet:

**Relevante bygningsarealer:** Hvis uttrykket '*relevante bygningsarealer*' blir brukt i dette BREEAM-området, viser det til alle arealer i bygget der det er, eller kommer til å være, arbeidsstasjoner/-benker eller skrivebord for byggets brukere.

**Tilstrekkelig utsyn:** Utsynet skal ideelt være gjennom et yttervindu som gir en utsyn over landskap eller bygg samt aktiviteter på bakkenivå (og ikke bare himmel) fra øyenivå når man sitter (1,2 – 1,3 m) i de *relevante bygningsarealene*. Et utsyn inn mot et indre gårdsrom eller atrium vil også samsvare, forutsatt at avstanden fra åpningen til bakveggen av gårdsrommet/atriet er minst 10 m (slik at øynene får sjansen til å omstille seg). Utsynet kan ikke være et internt utsyn på tvers av rommet, da dette sannsynligvis vil være blokkert av delevegger, arkivskap, osv.

### 4.3.2 Kommentarer Hea 2 – Utsyn

Kriteriet Hea 2 setter krav til fysiske og geometriske forhold i modellen, og det kan derfor være relevant å benytte en modellsjekker som hjelpemiddel for å oppnå dette poenget. For å dra nytte av dette er det nødvendig å spesifisere den relevante informasjonen slik at den kan legges inn i bygningsmodellen og kan kjøres igjen i et modellsjekkingsprogram. En annen viktig faktor er å lage regler i modellsjekkingsprogrammet som modellen sjekkes opp mot. I dag lages disse reglene ut ifra forhåndsdefinerte paragrafer i programmene. Denne oppgaven velger derimot å se bort fra begrensninger i forhold til programmering. Så lenge den relevante IFC-informasjonen finnes i bygningsmodellen går oppgaven ut ifra at det er mulig å lage regler for de aktuelle beregningene.

I dette kriteriet er det to uttrykk som må tolkes og om mulig forenkles slik at informasjonen i uttrykkene kan gjøres om til entydige parametere for å kunne benytte beregningsmetodene i et modellsjekkingsprogram.

#### ***Uttrykket "relevante bygningsarealer"***

Først må uttrykket "relevante bygningsarealer" defineres i modellen. Ut ifra samsvarsnotatet kan det være to muligheter for å spesifisere disse arealene slik at de kan lagres i en IFC-modell. Den ene muligheten er å spesifisere alle arbeidsstasjoner/-benker og skrivebord som IFC-objekter i modellen så modellsjekkeren kan kjenne igjen disse objektene og dermed verifisere at dette er "relevante bygningsarealer".

Den andre muligheten vil være hvis det ikke er hensiktsmessig å legge inn de ovennevnte objektene i modellen, og uttrykket "relevante bygningsarealer" lagres som en arealtype med egenskapene som defineres i samsvarsnotatet. Dette kan arkitekten gjøre ved å spesifisere arealene som ifcSpace med navnet "relevante bygningsarealer". Det er denne spesifikasjonen som denne oppgaven ser på som den mest relevante og tar utgangspunkt i når forslaget til IDM kommer senere.

### **Uttrykket "tilstrekkelig utsyn"**

Neste skritt vil være å tolke samsvarsnotatet til uttrykket "tilstrekkelig utsyn" slik at informasjonen fra dette kan forenkles og bli entydig. Ut ifra innholdet setter det krav til forholdet mellom flere parametere.

Det kan først tenkes at det er *vinduet* fra paragrafen som skal ha egenskapen *tilstrekkelig utsyn*. Arealet til dette vinduet skal være større eller lik 20% av det totale innvendige veggarealet og underkant vindu skal være maks 0,9 meter over underliggende gulv. Disse to størrelsene er mulig å beregne i en modellsjekker med enkle regler. Det er altså krav til størrelse og plassering av dette vinduet, i tillegg til at det må gi *tilstrekkelig utsyn*.

Først sier samsvarsnotatet til *tilstrekkelig utsyn* at det ideelt skal være utsyn, både til aktiviteter på bakkeplan og til himmel, fra øyennivå, når man sitter i de relevante bygningsarealer. Det som må defineres her er øyennivå, som samsvarsnotatet sier skal være 1,2-1,3 meter over gulvet. Dette tenkes legges inn som et plan og en egenskap i de relevante arealene.

Teknisk sett krever *tilstrekkelig utsyn* slik det er beskrevet her et visst forhold mellom avstand til motstående bygninger/hindringer og vinkelen mellom et punkt i øyehøyde og vindusstørrelse/-plassering. Dette tenkes beregnet i modellsjekkingsprogrammet ved at det defineres en regel som kan regne ut vinkelen fra et punkt i dette planet som for eksempel ligger en bestemt lengde innenfor midten av vindusflaten og ut gjennom vinduet.

### **Krav til informasjon i modellen**

Fra dette kriteriet må arkitekten først definere alle relevante bygningsarealer. Deretter kan det tenkes at øyehøyde ligger inne som en egenskap til disse arealene. Her vil det også være relevant å legge inn en arealmodell med omkringliggende volumer i modellsjekkeren slik at eventuelle hindringer for utsynet blir beregnet inn. Når disse objektene er definerte kan simuleringsprogrammet beregne ut ifra den tilpassede regelen om arealene tilfredsstillende kravene til tilstrekkelig utsyn.

### **Krav til informasjon i simuleringsprogrammet**

For å beregne dette kriteriet krever det at reglene i programmet er spesielt tilpasset dette kriteriet. Dette gjelder spesielt der vinkelen mellom øyehøyde og åpningen i vinduet skal beregnes. At vinduet skal være 20% av det totale innvendige veggarealet, og at relevante arealer ikke skal ligge lenger enn 7 meter fra dette vinduet kan beregnes av enkle regler.

### **Uttekslingskrav for Hea 2**

Etter analysen av kriteriet vil det kun være nødvendig å definere to entiteter for å beregne dette i et modellsjekkingsprogram. Utfordringen for ette kriteriet vil være å lage regler som kan gjøre de rette beregningene. Oppgaven går ut ifra at disse reglene er mulige å lage, så dermed vil forslaget til utvekslingskrav se slik ut.

Uttekslingskrav:

<b>Exchange Requirement Hea 2</b>			
<b>Informasjon</b>	<b>Functional Parts</b>	<b>Property Sets</b>	<b>Navn/verdi</b>
Relevante bygningsarealer	ifcSpace.Name	Pset.Eyelevel.	"Relevante bygningsarealer"
Områdemodell/ volummodell	ifcVolume		ID/bygningsnummer

## 5. Resultater

### 5.1 Resultater fra analyse av kapittelet Helse og Inneklima.

*Helse og Inneklima* er det kapittelet/området i BREEAM-NOR som egner seg best til implementering i et BIM-samarbeid da hovedvekten av kriteriene setter krav til den fysiske bygningsmodellen. Etter denne analysen er det likevel funnet en rekke krav som går utenfor det som kan legges inn av informasjon i en bygningsmodell. Her gjøres det en liten oppsummering av hva som ble funnet ut i denne forenklete analysen av kapittelet.

Av de 15 kriteriene som dette kapittelet inneholder var det kun Hea 14 som gikk helt utenfor ordlyden til oppgaven. Dette fordi det ikke gjaldt for kontorbygg-prosjekter, men kun for mindre kontorarealer i industri- og varehandel-prosjekter. Når dette er sagt så vil det allikevel være hensiktsmessig å benytte seg av BIM-hjelpemidler for dette kriteriet da kravene her er å oppfylle et visst antall av de foregående kriteriene, og disse er mulige å implementere i BIM. Andre kriterier som ikke egner seg til implementering i BIM er det der hovedinnholdet dreier seg om utarbeidelse av planer og dokumentasjon på utførelse. Dette gjelder spesielt Hea 20.

En annen faktor som ikke er tatt hensyn til i denne oppgaven er krav fra eksterne dokumenter. Med dette menes det at oppgaven ikke har undersøkt informasjonen som ligger i disse dokumentene. Det vil likevel være tenkelig at noe av informasjonen derfra kan benyttes til å utarbeide IDM-er for kriteriene ved at den relevante informasjonen blir konkretisert og spesifisert i et utvekslingskrav for det gjeldende BREEAM-NOR-kriteriet.

I syv av de 15 kriteriene henvises det til bruk av eksterne dokumenter. Totalt i dette BREEAM-NOR-området er det referert til 22 konkrete eksterne dokumenter. Disse kan deles inn i dokumenter som skal brukes som veiledning for design etter beste praksis og de som skal brukes som kravdokumenter. Dokumentene er i hovedsak Byggdetaljblader, Tekniske forskrifter og NS-EN-standarder. I tillegg til de 22 så henvises det til flere materialstandarder i kriteriet Hea 9 der det settes krav til produktkategoriernes VOC-innhold.

Åtte av kriteriene i kapittelet legger arealer og spesielle arealtyper til grunn for beregninger, modellsjekk og simuleringer. Det er allikevel kun to av kriteriene som benytter den samme arealdefinisjonen. Her er det derfor viktig ved utviklingen av IDM-er at det gjøres en konkret beskrivelse av hvordan arkitekten skal spesifisere de aktuelle arealene i bygningsmodellen.

Det kan også være hensiktsmessig å gjøre samme arealspesifikasjon ulike kriterier. Dette gjelder for eksempel kriteriene Hea 1 og Hea 7 der det ene ber om *kontorarealer* og det andre ber om *kontorområder*. Disse to definisjonene vil i praksis bety det samme, og i BIM-sammenheng vil det være hensiktsmessig at disse to blir spesifisert som det samme arealet. Med færre definisjoner trengs det færre beskrivelser og dermed færre utvekslingskrav.

Når det gjelder hvilke kriterier som egner seg for modellsjekking eller simulering så er det funnet at seks av kriteriene fordelsvis benytter et simuleringsprogram og de resterende syv benytter et modellsjekkingsprogram. Kriteriene som hensiktsmessig benytter simulering som hjelpemiddel er de som omhandler dagslys, belysning, ventilasjon, termisk komfort og akustikk. Det er også oppdaget kriterier der det hovedsakelig bør benyttes et simuleringsprogram, men der deler av det er mulig å sjekke i en modellsjekker. Her vil det være hensiktsmessig for prosjektet å velge et simuleringsprogram som har funksjoner der alle kravene i kriteriet kan sjekkes i samme program.

For kriteriene der det bør brukes et modellsjekkingsprogram vil disse hovedsakelig inneholde krav om geometriske forhold i modellen eller om modellen inneholder objekter med spesielt påkrevde egenskaper. For å kunne bruke en modellsjekker som et hjelpemiddel her er det nødvendig med forhåndsdefinerte regler i programmet som sjekkes opp mot forholdene i BIM-modellen.

For å gjøre en oppsummering i forhold til hvor mange poeng det er mulig å oppnå ved hjelp av BIM-verktøy, så er det i alt 21 mulig oppnåelige poeng i kapitlet Helse og Inneklima fordelt på 15 kriterier. Det er ett kriterium som går helt utenfor ordlyden til oppgaven, men dette kan allikevel innfris ved hjelp av BIM-verktøy. Totalt kan ti av kriteriene innfris og 11 poeng oppnås kun ved hjelp av BIM-verktøy. Da er kriteriet Hea 10 iberegnet, der prosjektet kan velge mellom en tilnæringsform med eller uten BIM. Tre kriterier med til sammen setter enkelte krav som ikke er hensiktsmessige å implementere i BIM, men der allikevel noen av delene kan benytte BIM-verktøy. Det siste kriteriet er Hea 20 som hovedsakelig går ut på å dokumentere planer.

For kontorprosjekter, som denne oppgaven har konsentrert seg om, er det 19 poeng tilgjengelig fordelt på 14 kriterier. Da er kriteriet som omhandler mindre kontorarealer i industri- og varehandel-prosjekter utelatt. Under er det oppsummert i en tabell hvordan denne BIM-analysen har innvirkning på oppnåelse av poeng og prosenter BREEAM-NOR.



## Resultattabeller:

**Tabell 6 Resultater BIM-relevans og involverte rådgivere.**

	Automatisk	Semi-automatisk	Manuelt	Ark	RIV	RIE	RIA	RIM	RIL
Hea 1	X			X					X
Hea 2	X			X					
Hea 3	X			X		X			
Hea 4	X			X		X			
Hea 5	X			X					X
Hea 6	X			X		X			
Hea 7	X			X	X				
Hea 8		X		X	X				
Hea 9		X		X				X	
Hea 10	X			X	X				
Hea 11	X			X	X	X			
Hea 12	X				X				
Hea 13		X		X	X	X	X		
Hea 20			X						
<b>SUM</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Tabell 7 Prosentmessig oppnåelse av BREEAM-NOR i forhold til BIM-relevans.**

	Antall kriterier	Antall poeng	Andel av Helse og Inneklima	Område-vektning	Andel av BREEAM-NOR
Automatisk	10	11	58%	0,15	8,7%
Semi-automatisk	3	5	26%	0,15	3,9%
Manuelt	1	3	16%	0,15	2,4%

Ved å ta i bruk BIM-hjelpemidler er det mulig for et kontorprosjekt å oppnå 58% av tilgjengelige poeng i kapittelet Helse og Inneklima. Når dette ganges med vektningen av området vil dette utgjøre 8,7% av totalt oppnåelige BREEAM-poeng. 26% av poengene i kapittelet kan for et kontorprosjekt delvis oppnås ved hjelp av BIM, noe som utgjør 3,9% av totalen. Det er kun ett kriterium som er vurdert som uegnet til å implementere i BIM. For dette kriteriet er det derimot mulig å oppnå 3 poeng, så det utgjør en relativt stor andel av totalt tilgjengelige poeng i dette kapittelet. Disse poengene utgjør 16% av kapittelet og 2,4% av totalen.

## 5.2 Oppbyggingen av en IDM for Hea 1 og Hea 2:

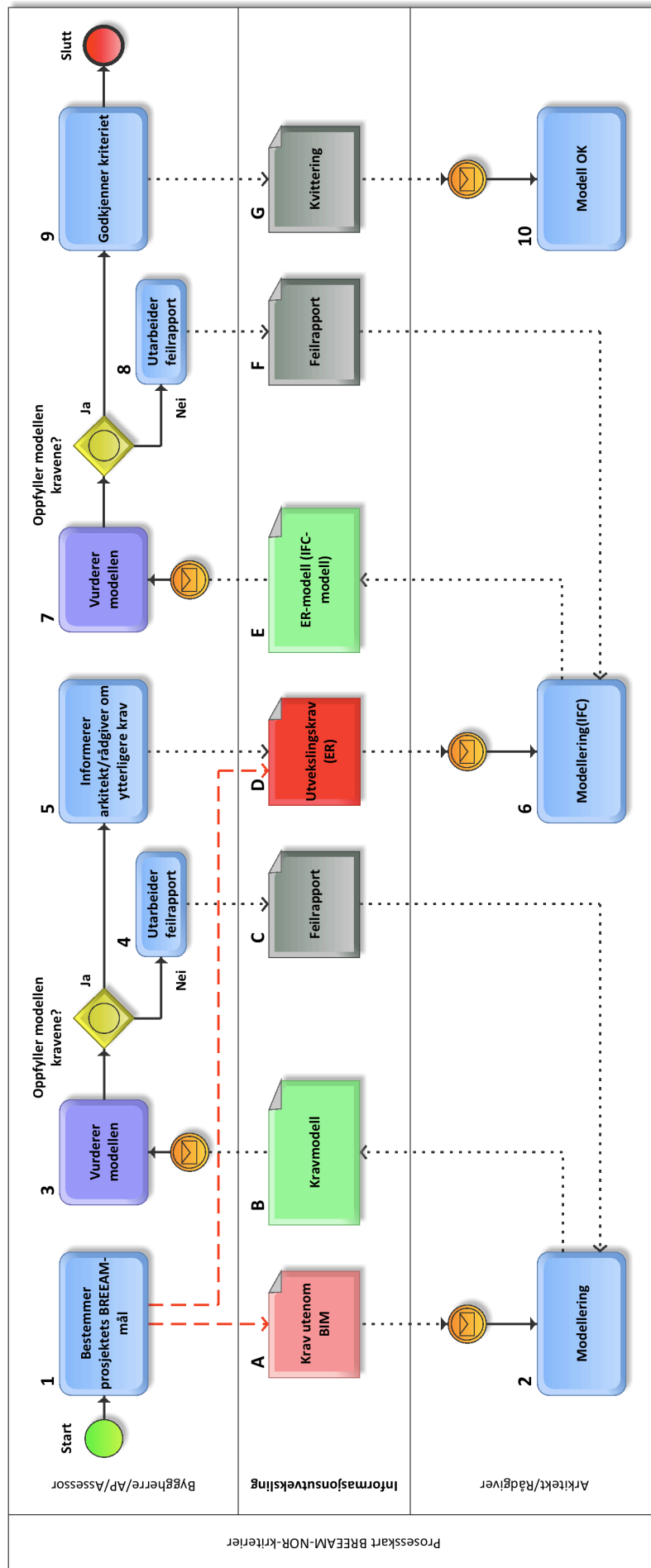
### **Prosesskart:**

Prosesskartet består av en oversikt over aktiviteter som må utføres for å gjennomføre en spesifikk oppgave i et byggeprosjekt. Prosesskartet kan på mange måter kalles en fremdriftsplan der det er spesifisert hvilke aktører som til enhver tid må levere informasjon til og hente ut informasjon fra BIM-modellen.

I denne oppgaven er det valgt å finne et forslag til IDM-er for to kriterier i BREEAM-NOR. Disse kriteriene er analysert slik at informasjonen som er relevant å legge inn i modellen blir entydig spesifisert i et utvekslingskrav. Dette for at prosjektet skal kunne benytte BIM som et hjelpemiddel for å oppnå kriteriet og de tilgjengelig poengene. Hovedkomponentene i en IDM er Process Maps(PM), Exchange Requirements(ER) og Functional Parts(FP). For hver aktivitet i PM der det er nødvendig blir ER spesifisert. FP er de tekniske og programmerbare spesifikasjonene av objektene som er relevante for den aktuelle aktiviteten i prosesskartet.

Prosesskartet i denne oppgaven er utformet som et BPMN-diagram. Dette er bygget opp slik at bassenget består av tre baner. Prinsippet er at det som utveksles mellom aktørene ligger i den midterste banen, og at de involverte aktørene ligger på hver sin side av denne. I øverste bane er Byggherre/AP/Assessor plassert fordi det er først og fremst byggherren som bestemmer et prosjekts BREEAM-mål, og da gjerne i samarbeid med en BREEAM-AP eller. I tillegg er det disse som sjekker BIM-modellen og eventuelt godkjenner kriteriet. I nederste bane er det valgt å legge inn arkitekt og rådgivende ingeniør. Dette fordi det er arkitekten som i hovedsak produserer BIM-modellen i samarbeid med aktuelle rådgivende ingeniører. Hvordan samarbeidet foregår mellom de rådgivende ingeniørene er valgt å se bort ifra her, fordi det er mest relevant for oppgaven å vise hvordan informasjonsutvekslingen foregår mellom rådgivere og de som sjekker og godkjenner modellen.

Forslaget til prosesskart for kriterier i Helse og Inneklima er illustrert på neste side.



**Forklaring til prosesskartet:**

1. Før prosessen starter bestemmer byggherren seg for hvilke BREEAM-kriterier som er relevante for prosjektet å oppnå. Deretter blir arkitekten og de rådgivende ingeniørene informerte om disse målene og hvilke eksterne dokumenter som må følges for å ha muligheten til å oppnå de aktuelle kriteriene. Denne informasjonen er spesifisert i **A** i den midterste banen i prosesskartet. Det er ikke tatt hensyn til eventuell detaljert informasjon som må inn i modellen fra disse dokumentene.

Denne delprosessen er for eksempel aktuell for kriteriet Hea 1, der tilgang på dagslys skal designes etter beste praksis. Dette gjøres ved å følge retningslinjene i to eksterne dokumenter.

2. Arkitekt/rådgiver kan sette i gang å modellere etter grunnleggende BIM-krav og ifra informasjonen i **A**. Når denne modelleringen er gjennomført vil den første kravmodellen, **B**, være ferdig, og modellen kan bli sendt tilbake til BREEAM-AP for gjennomgang.
3. Her vil AP vurdere modellen etter kravene i de eksterne dokumentene og avgjøre om modellen tilfredsstillende kravene eller ikke.
4. Hvis modellen ikke tilfredsstillende kravene i de eksterne dokumentene må AP utarbeide en feilrapport. I denne feilrapporten, **C**, kommer det frem hva som må inn i modellen for å imøtekomme kravene. Prosessen vil da gå tilbake til delprosess **2**.
5. Hvis modellen tilfredsstillende disse kravene vil neste delprosess være å informere arkitekt/rådgiver om ytterligere BREEAM-krav for det aktuelle kriteriet. Dette vil foreligge som et utvekslingskrav, **D**, til arkitekten. I utvekslingskravet er det spesifisert hvilke IFC-entiteter som er nødvendige å navngi i BIM-modellen for det aktuelle kriteriet. Denne informasjonen er merket med rødt i prosesskartet fordi det er denne som vil være interessant for å kunne benytte BIM og modellsjekking/simulering.
6. Når arkitekt/rådgiver har mottatt dette utvekslingskravet kan det utarbeides en fullstendig IFC-modell, **E**, for det aktuelle kriteriet. Denne IFC-modellen inneholder da alle objekter som er relevante for å oppfylle dette kriteriet.

7. Denne IFC-modellen er nå klar til å vurderes for å få innfridd kravene i kriteriet. Når det nå foreligger en fullstendig IFC-modell for det aktuelle kriteriet er det nå hensiktsmessig at vurderingen av modellen foregår ved hjelp av et modellsjekkings-/simuleringsprogram. Det vil da være dette programmet som vurderer om modellen tilfredsstillende kravene eller ikke.
8. Hvis modellen ikke tilfredsstillende kravene vil programmet utarbeide en feilrapport. Denne feilrapporten, **F**, sendes tilbake til arkitekt/rådgiver så de kan ha mulighet til å rette opp feilene. Denne opprettingen vil da skje i delprosess **6**.
9. Hvis IFC-modellen tilfredsstillende kriteriet vil programmet gi tilbakemelding på dette, og prosjektet kan oppnå de tilgjengelige poengene. Assessor vil da gi tilbakemelding til arkitekt/rådgiver om at modellen innfrir kriteriet ved å gi en kvittering, **G**, på dette.
10. Modellen er OK for dette kriteriet.

## 6. Diskusjon

For å redegjøre for den første analysen og resultatene av denne er det relevant å vurdere om teorien om BIM og modellsjekking kan relateres til disse. Analysen som resulterer i forslag til IDM-er kan hovedsakelig relateres til teknologien i åpenBIM. Da spesielt de tre standardene som er grunnlaget for denne teknologien.

Det er liten tvil om at BIM er fremtiden. Om utviklingen vil bygge videre på de åpenBIM-standardene som finnes i dag vil tiden vise, men målet er at prosjekteringen i fremtiden vil foregå digitalt og med koordinerte samarbeidsprosesser. Denne masteroppgaven har hatt til hensikt å vurdere om denne teknologien kan forenkle prosessen for å oppnå poeng i ett kapittel i det nylig lanserte miljøklassifiseringssystemet BREEAM-NOR.

Slik som BREEAM-NOR foreligger i dag er dette et tungt leselig verktøy, og det er mye informasjon i den som ikke nødvendigvis er nyttig for aktørene som skal modellere prosjektet. For å gi prosjektet muligheten til en forhåndsklassifisering kan det derfor være en fordel å gi de prosjekterende spesifikk og entydig informasjon så de kan utarbeide en mest mulig virkelighetsnær modell. Derfor er det hensiktsmessig å kunne samle og spesifisere den informasjonen i BREEAM-NOR som er relevant for ulike fag og faser i modelleringsarbeidet. Dette kan fordelsvis spesifiseres i et utvekslingskrav i en IDM.

At et kriterium i BREEAM-NOR, Helse og Inneklima, egner seg for implementering i BIM har bakgrunn i grunnleggende teori som sier at bygningsmodellen må bygges opp av objekter som igjen kan tilegnes egenskaper og spesifikasjoner. I dag bør disse objektene helst eksistere som IFC-entiteter i modellen for å gjøre samhandling mellom aktører lettere ved at disse filene kan leses og skrives til en rekke ulike programmer. Resultatene av den første analysen tilsier at det er mulig å trekke ut spesifikk informasjon fra en betydelig andel av kapittelet Helse og Inneklima i BREEAM-NOR som igjen kan spesifiseres som objekter, egenskaper til objekter eller spesifikasjoner. Når denne informasjonen lagres i modellen vil prosjektet kunne dra nytte av simulerings- eller modellsjekkingsprogrammer for å oppnå poeng for kriteriet.

For å kommunisere denne informasjonen ut til de relevante aktørene er det utarbeidet et forslag om at dette kan gjøres ved hjelp av IDM-er. I denne oppgaven er det valgt å gjøre dette for de to første kriteriene i Helse og Inneklima. Begge kriteriene ser ut til å kunne dra

nytte av denne teknologien, da både prosesskart og utvekslingskrav som inneholder functional parts kan bli hensiktsmessige hjelpemidler.

IDM-er utvikles i dag i tråd med ulike behov i bransjen. Det finnes ingen krav som sier at IDM-er skal benyttes, og det er gjerne aktørene selv som utvikler sine egne manualer ved behov for å forenkle og strukturere ulike arbeidsoppgaver. Selv om buildingSMART ser for seg at innføringen av åpenBIM og IDM-er skal kunne effektivisere enkelte oppgaver innenfor byggebransjen, vil det først og fremst ta tid å utvikle og innføre en ny arbeidsmetode. Her vil grunnprinsippene i teorien til IDDS, samspillet mellom teknologi, mennesker og prosesser, være en viktig faktor. Teknologien er her for å brukes. Utfordringene er å øke kunnskapen så flere kan dra nytte av den. Tanken er å innføre teknologi gjennom gode prosesser slik at brukerne også kan se en nytteverdi av å bruke den.

I denne oppgaven er det kun ett av ti kapitler i BREEAM-NOR som er analysert i forhold til BIM-formålet. Hvis man ser på effektivitetsperspektivet i forhold til dette kapitlet er det liten tvil om at det kan være hensiktsmessig å utarbeide forslag til gode prosesser og relevant programvare som kan være hjelpemidler for å innfri disse kriteriene. Når verktøyene er på plass kan det i tillegg bli lettere for en byggherre å velge å skulle innfri kriterier i dette kapitlet. Det som kan være usikkert er om det er hensiktsmessig å utarbeide slike løsninger for en såpass liten del av BREEAM-NOR.

## **7. Konklusjon**

Fra resultatene av den første analysen velger jeg å trekke denne konklusjonen: Kapitlet Helse og Inneklima i BREEAM-NOR egner seg for implementering i BIM siden det er vurdert at 10 av 14 kriterier kan innfris ved hjelp av denne teknologien. Faktorene som oppgaven ser på som hensiktsmessige for at en slik implementering kan finne sted er at det utvikles programvareløsninger spesielt tilpasset BREEAM-NOR, og at kunnskapsnivået, både om BREEAM og BIM heves hos alle aktører.

Den andre problemstillingen har gitt et resultat i form av et forslag til IDM for to kriterier i BREEAM-NOR, Helse og Inneklima. Konklusjonen her er at for å utarbeide en IDM for et slikt kriterium er det hensiktsmessig å legge et prosesskart i bunn. Oppgaven har landet på muligheten for å benytte det samme prosesskartet for alle kriterier i BREEAM-NOR, og at det som spesifiserer det enkelte kriteriet er det som ligger i utvekslingskravene. Utvekslingskravet i denne IDM-en er essensielt både med hensyn på informasjon til rådgiveren og til datamaskinen.



## 8. Videre arbeid

BREEAM-NOR foreligger i dag som et frivillig og uavhengig verktøy som kan gi et byggeprosjekt en miljøklassifisering. Verktøyet er omfattende, både i forhold til antall kriterier, poengfordeling og kompleksitet. Et prosjekt kan oppnå en forhåndsklassifisering hvis det foreligger tilstrekkelig dokumentasjon, men kan ikke få en endelig klassifisering før bygget er klart til overlevering. Verktøyet som helhet kan være hensiktsmessig for assessorer som skal gi prosjektet det endelige sertifikatet, men for de som sitter med modelleringsjobben kan det bli mye unyttig informasjon. I tillegg må alle aktørene gå inn å lete etter de kriteriene som er relevante for sitt fag og i tillegg finne frem til den informasjonen som skal inn i modellen.

Siden BREEAM-NOR anbefaler prosjekter å gjennomføre en forhåndsklassifisering, kan det tenkes hensiktsmessig at det blir utarbeidet en manual som er tiltenkt prosjekteringsgruppen og de aktørene som tegner og eventuelt modellerer prosjektet. Selv om det kun er deler av BREEAM-NOR som vil være hensiktsmessig å sjekke ved hjelp av BIM, er det mulig at dette kan gjøres lettere med en slik manual. En annen viktig faktor for at en slik manual kan forenkle denne jobben er at det utvikles løsninger for programvare som er tilpasset den samme oppgaven. Dette kan for eksempel være modellsjekkingsverktøy spesielt utviklet og tilpasset relevante kriterier i BREEAM-NOR.

Når det gjelder utvikling av IDM og åpenBIM, så vil også disse avhenge noe av programvareløsninger. Programvareleverandørene må legge til rette for bruk av denne teknologien ved å gjøre programmer compatible med IFC. En annen viktig faktor for utviklingen av åpenBIM kan ligge i konseptet til IDDS. I denne sammenheng er det viktig å fortsette å fokusere på gode arbeidsprosesser som etter hvert kan innarbeides som referanseprosesser for flere aktører i bransjen.

## Referanser

BIMechanics (2009). "BIM history." from <http://www.bimechanics.com/bim-history.htm>.

buildingSMART (2010).

buildingSMART (2011). "buildingSMART Dataordbok." from <http://www.buildingsmart.no/standarder/buildingsmart-ordbok>.

buildingSMART (2011). "buildingSMART Norge." from <http://www.buildingsmart.no/organisasjon>.

buildingSMART (2011). Intro til IDM. Masterseminar 11.

buildingSMART (2011). "Nå lanseres database over all IFC kompatibel programvare." from <http://www.buildingsmart.no/nyhetsbrev/%2Fna-lanseres-database-over-all-ifc-kompatibel-programvare-0>.

buildingSMART International (2010). Information Delivery Manual, IDMC 004, 1.2.

buildingSMART Norge (2011). åpenBIM.

Byggenæringens Landsforening (2011). "Miljø og energi, Klimautfordringene." from <http://www.bnl.no/category.php/category/Klimautfordringer/?categoryID=332>.

CIB (2009). "CIB White Paper on IDDS."

Davis, D. (2011). AEC Infosystems.

Grønn Byggallianse (2011). "Eiendomsbransjens største nettverk for miljøkunnskap." from <http://www.byggalliansen.no/>.

Hjelseth, E. and N. Nisbet (2010). "Overview of concepts for model checking."

International Standardisation Organisation (ISO) (2010). ISO 29481-1:2010(E)  
Building information modelling —  
Information delivery manual —  
Part 1:  
Methodology and format.

Iversen, M. (2011). åpenBIM. Fremtidens byggenæring.

Norwegian Green Building Council (2011). BREEAM-NOR ver. 1.0.

Norwegian Green Building Council (2011). "Dette er Norwegian Green Building Council." from <http://www.ngbc.no/index.php?q=content/dette-er-norwegian-green-building-council>.

Norwegian Green Building Council (2011). Hva er BREEAM-NOR? BREEAM-NOR, Av verdi for alle.

Norwegian Green Building Council (2011). Ren verdiskaping. BREEAM-NOR, "Av verdi for alle".

Seehusen, J. (2008). "-BIM krever disiplin." Retrieved 09.12.2011, from <http://www.tu.no/nyheter/article192782.ece>.

SINTEF (2009). "Dagslys i bygninger." from <http://www.sintef.no/Byggforsk/Bygninger/Energi/Dagslys-i-bygninger/>.

Skanska (2011). "BREEAM og LEED miljøsertifisering ". from <http://www.skanska.no/no/barekraft/miljoansvar/Vart-gronne-initiativ/miljosertifisering/>.

Solibri Inc. "Solibri Model Checker." from <http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html>.

Statsbygg (2007). "Statsbygg går for BIM." from <http://www.statsbygg.no/Aktuelt/Nyheter/Statsbygg-gar-for-BIM/>.

Statsbygg (2011). "BIM - Bygningsinformasjonsmodell." from <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygningsinformasjonsmodell/>.

Statsbygg (2011). "BIM - en kortfattet innføring." from <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygningsinformasjonsmodell/BIM-En-kortfattet-innforing/>.

Statsbygg (2011). "Bruk og nytteverdi av BIM." from <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygningsinformasjonsmodell/Bruk-og-nytteverdi-av-BIM/>.

Statsbygg (2011). "Energibruk." from <http://www.statsbygg.no/en/Miljo/Statsbyggs-miljostrategi/Energibruk/>.

Statsbygg (2011). "Miljøstrategien i Statsbygg." from <http://www.statsbygg.no/Miljo/Statsbyggs-miljostrategi/>.

Statsbygg (2011). Statsbyggs BIM-manual 1.2.

Steen, H. (2011). BIM eller forsvinn. Fremtidens byggenæring.

Steen, H. (2011). Sømløst samspill gir store gevinster.

Sørensen, B. R. "Termisk inneklima."

Valmot, O. R. (2008). "Smartere byggeprosesser." from <http://www.tu.no/innsikt/it/article157966.ece>.