



Euroopa Liit  
Euroopa  
Regionaalarengu Fond



Eesti tuleviku heaks



# **Ülevaade BIMi kasutamise kohta maailmas infraehitiste elukaare vältel**

## **Uuringu raport**

Urmo Karu

Aivars Alt

GRAVICON EE OÜ

Tallinn 2013

## SISUKORD

|  |    |
|--|----|
| 1. Sissejuhatus.....   | 4  |
| 2. BIMi kasutamine erinevates protsessides .....               | 5  |
| 3. Ehitise infomudeli kasutamine.....                          | 9  |
| 4. BIM mudeli server .....                                     | 13 |
| 5. Avatud failiformaadid .....                                 | 15 |
| 3.1. LandXML? .....  | 15 |
| 3.2. IFC .....   | 16 |
| 6. BIM juhendmaterjal COBIM.....                               | 18 |
| 7. Suurimad organisatsioonid BIM valdkonnas .....              | 20 |
| 7.1. WSP Group.....  | 20 |
| 7.2. The Building Information Modelling (BIM) Task Group ..... | 21 |
| 7.3. buildingSMART (BS).....                                   | 22 |
| 8. BIM infrasektoris erinevates riikides .....                 | 24 |
| 8.1. Soome .....   | 24 |
| 8.2. Rootsi.....   | 24 |
| 8.3. Norra.....  | 25 |
| 8.4. Taani .....   | 25 |
| 8.5. Ühendkuningriigid.....                                    | 26 |
| 9. Skandinaavia objektid .....                                 | 27 |
| 9.1. Ringtee 1 – Soome.....                                    | 27 |
| 9.2. Länsimetro – Soome .....                                  | 27 |
| 9.3. Bjørvika Phase II – Norra.....                            | 29 |
| 9.4. E6 Dovrebanen – Norra .....                               | 30 |

|  |    |
|--|----|
| 9.5. Kolsåsbanen – Norra .....             | 32 |
| 9.6. Kreera Samhällsbyggnad – Rootsi ..... | 33 |
| 9.7. Svevia AB – Rootsi .....              | 33 |
| 9.8. Marselis Boulevard – Taani.....       | 34 |
| 10. Kokkuvõte .....                        | 35 |
| Viidatud allikate loetelu .....            | 38 |
| Lisa 1. Lisamaterjalid.....                | 41 |

# **1. SISSEJUHATUS**

Ehitusinformatsiooni modelleerimine (BIM) on kahel viimasel dekaadil maailmas üha rohkem populaarsust koguv tehnoloogia ehitusvaldkonnas. Eriti intensiivne on olnud areng viimase viie aasta jooksul. Käesolev uuringu raport teeb ülevaate Ehitusinfo modelleerimise kontseptsioonist ning lisaks vaadeldakse erinevaid praktikaid meie naabermaadest. Uuringus tuuakse välja olulisem, mis on vajalik BIM tehnoloogia juurutamiseks. Põgusalt tutvustatakse naaberriikide arenguid ja objekte. Töös on põhirõhk BIMi kasutusvõimaluste uurimisel infrasektoris

## 2. BIMI KASUTAMINE ERINEVATES PROTSESSIDES

### Strateegiline planeerimine

- Pindalad ja linnaplaneerimine – Linnade planeerimise juures on see sobilik, kuna kõik on väga täpselt pindade osas paigas ja paindlike muudatusi ei saa teha, sest ruumi lihtsalt selleks ei ole. Mudel annab võimaluse kasutada seda pinda parima ratsionaalse lahendusega.
- Avalik koostöö – Mudeli olemasolu liidab inimesi ja nende tööd. Osapooled peavad suhtlema, et välja pakutud lahendused sobiksid erinevast vaatenurgast lähtuvalt. Tekib vähem olukordi, kus keegi ei ole asjast teadlik ja eksitakse erinevate nõuete vastu.
- Alternatiivid – Mida rohkem insenere ja meeskonnaliikmeid on kaasatud seda rohkem tekib valikuid mille vahel leida õiged valikud.
- Teostatavus – Suure tööga planeeritud mudel annab eelise teostatavusele sellisel määral, et vigade tekkimine on viidud miinimumini ja see kõik muudab töö sujuvamaks ning suudetakse jääda plaanitud ajagraafikutesse.
- Mõju keskkonnale – Keskkonda mõjutab see määral, et mida vähem tehakse vigu töös, seda kasulikum on teostatavus keskkonnale. Samuti mudel inimeste keskkonnas annab parema mõistmise plaanitavate tööde kohta ja annab selgema pildi inimestele kelle jaoks seda ehitatakse.
- Orienteeruvad hinnangud – Oluline osa on koostatud mudeli mahtudel, mida on võimalik automaatsete toimingute abil tõhusalt leida.

### Planeerimine

- Visualiseerimine – See on suurimaid eeliseid, mille tagab mudel ja temaga kaasnevad programmid mille abil suudetakse simuleerida reaalseid olukordi ning mille abil saab teha otsuseid, mis aitavad planeerida parima lahenduse saavutamiseks.
- Presentatsiooni mudel – Mudel, mida saab igal vajalikul hetkel esitleda ükskõik kellele ja millal. Nii on ka parem hoida kursis tööde tellijat. Tellija jaoks on alati oluline teada mida tema heaks tehakse ja mis lahendused soovitud tulemuse tagavad.

- Sotsiaalne aktsepteerimine – Annab vastastikuse hinnangu juba planeerimise käigus ja see on hea indikaator, et kas tehtud töö on sobiv ja kas ollakse õigel teel. Mudel annab kindlust kolmandatele isikutele kes soovivad kvaliteetset töö tulemust.
- Otsustamine – Kuna mudel annab parema ettekujutuse igale osapooltele siis see muudab otsuste tegemise kiiremaks ja kvaliteetsemaks. Kiiremaks just selles osas, et ei pea aega raiskama üksteisele probleemide või lahendused selgitamiseks vaid see kõik on mudelina osapoolte silme ees.
- Kulud ja rahastamine – Tellija ja rahastajate poolt on see väga oluline, mis toimingud on tehtud ja kuidas see on saavutatud. Mudel aitab selgitada kulusid ja anda vastuseid selgemalt, miks just nii palju on selles osas kulunud või et kas on kasutatud ressursse ratsionaalselt.
- Pildid, animatsioonid – Annab hea võimaluse näidata planeerimise käigus mida on tehtud ja kuidas reaalselt tulevikus ehitatud valmis võib näha. See on oluline neile kes pole asjaga seotud aga tahavad olla kursis olulise infoga.

## Projekteerimine

- Detailne mudeli olemasolu ja kavandamine – Detailsus mudelis annab ka täpsuse ehitamisel. Mida detailsem, seda selgem on projekteerijatele reaalne olukord ehitusplatsil, see on oluline, sest alati tuleb püüelda selle poole, et ehitaja ei takerduks projekteerimisvigadele. See tekitab probleeme ja ajakulu.
- Kõik valdkonnad – Mudel suudab hõlmata väga paljusi valdkondi, mida läheb ühe ehituse juures vaja. Lisaks on mudel koht, kus kõik valdkonnad omavahel kokku saavad, ning mille põhjal antakse üksteisel nõu ja abi, et osapoolte lahendused üksteisega sobiksid.
- Simulatsioon – Selle abil saab tekitada eriolukordi liikluses või näha ajamõju lahendustele, mida kavatakse kasutada ehituses. Saab arvestada ka kliimatilist mõju, mille põhjal langetada otsuseid.
- Analüüs – Viies läbi mudelis erinevaid olukordi ja lahendusi suudetakse teha kvaliteetsemaid analüüse, mille tulemus on efektiivsem kui lähtuda tavalistest paberil tehtud arvutustest.
- Vigade avastamine – Mudel suudab avastada kokkupõrkeid erinevate osapoolte vahel, mis annab võimaluse teha parandusi enne kui töid reaalselt tegema hakatakse. Lähenedamine muudab kvaliteetsemaks projekteerija töö.

- Kvaliteedijuhtimine – Annab võimaluse mugavamaks ja järjepidevamaks juhtimiseks kvaliteedi osas. Eelis tuleneb sellest, et mudeli olemasolu enne ehitust on suures osas probleemid lahendatud ja platsi on juhtimist parem teostada.

## Ehitamine

- 4D planeerimine – Mudel aitab ajas paremini liikuda ja selle abil on lihtsam ja reaalsem kokku panna ka ajagraafikuid millest tulenevalt muutub ka planeerimine täpsemaks ja kindlamaks.
- 5D kulud, ressursid – Nagu ka ajaga saab ka ressursside osas mudelis selgema ülevaate. Siia alla kuuluvad erinevad mahud, detailid või muud osad mis mõjutavad üldiseid kulusid.
- Kasutajate andmete mudel – Igal osapoolel on kasutada mudel millesse saab teha märkmeid ning mis on kätte saadav kõigile kui see puudutab ka teisi valdkondi. Iga muudatus kasutajate poolt suudetakse edastada teisteni esimesel mõistlikul võimalusel.
- Masinate kontroll – Mudelis töödeldud faile ja töid saab siduda masinates olevate seadmetega ja sellest lähtuvalt suunata masinaid tegema töid õigetes mahtudes ja kohtades. Töö käigus tagab see kohese kontrolli, kas töö teostatakse õigesti.
- Ehituse ohutus – Mudelis kajastub ka liikumine ja tegevus ümber mudeli mille abil saab tagada õigetel aegadel ja kohtades ohutuse. Teede ehituse puhul on vahemaad pikad ja tänu sellele ohus on väga oluline just sellepärast, et igal pool ei pruugi inimesi olla kes hoiataks ohtude korral. Samamoodi on oluline liikluse ohutus tööde ajal.
- Platsi planeerimine – Tagab selge ülevaate, mis olukord on platsil mingil kindlal ajahetkel ning kas eelnevalt planeeritud tegevused ei jää edasistele töödele ette.
- Läbi viidud ehituse andmete kogum ehk teostusdokumentatsioon – Oluline andmebaas ühes kohas koos mudeliga. Vajalikud dokumendid on kättesaadavad ja viidatud seal kõrval mudelile ja asukohale kus neid teostati.

## Hooldus

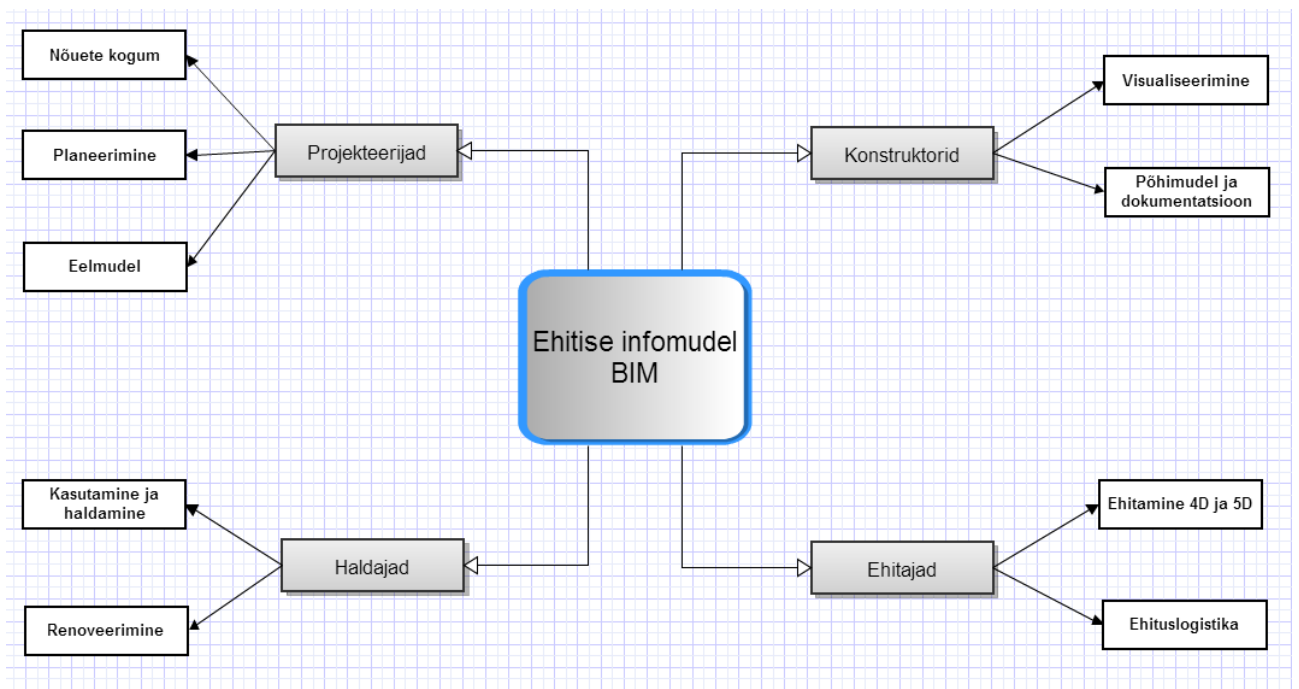
- Hoolduse mudel – Hooldus mudeli olemasolu annab selge pildi olukorrale mis kindlal ajahetkel toimub. Võimalik igal ajahetkel vaadata ja tutvuda hetke olukorraga.
- Hoolduse planeerimine ja optimeerimine – Annab hea võimaluse planeerida etappidena muudatusi või hooldustöid. Sealjuures jälgida tehtavate tööde mõju tegemiste käigus. Sellest tulenevalt optimeerida igapäevane tegevus.
- Mudeli uuendused – Kiire ja lihtne läbi viia uuendusi mudelis. Annab kiire ülevaate mida andis uuendus ja mida see mõjutas.

- Digitaalsed juhised – Nagu ka ehituse dokumentidega nii ka juhiste ja eeskirjadega on need kõik ühes kohas kättesaadavad ja iga uuendus on kohe kõigile osapooltel olemas.
- Elutsükli juhtimine – Pidev mudeli uuendamine lähtudes reaalselt toimuvaga peale ehitustegevuse lõppemist annab hea ülevaate mida aeg muudab tehtud töödes ja suudetakse riske ennetada pideva järelvalega.



### 3. EHITISE INFOMUDELI KASUTAMINE

Peatükis tehakse ülevaade võimalustest, mida saavad projekti osapooled kasutada erinevates projektistaadiumites. Joonis1 näitab peamised osapooled ning BIMi kasutusvõimalused.



Joonis1. Infomudeli kasutamine.

#### Projekteerijad

##### Nõuete kogum

- BIM mudeli kasutamine pakub projektile korrektsema hinna. [3]
- Järk-järgult üha enam seotakse avalikke projekte erinevate spetsifikatsioonidega. [3]
- Võimalik kaasata ühte projekti nii maantee- ja raudteetranspordi osad. [8]

##### Planeerimine

- Planeerimise varases staadiumis saab hõlmata kõiki vajalike erialasid. [3]
- Projekteerimistööde koordineerimine on sujuvam arvestades erinevate erialade vajadusi.

- Lisaks tekkivad muutused integreeritud tööprotsessides, kus kõigil erialadel on oma mudel ehk osamudel. [8]
- Töövõtjatele on mudel kasutusel planeerimiseks, milles saab hoida andmeid ja teha suure mahulisi arvutusi.
- Linnade puhul kus on vähe ruumi on 3D mudeli kasutamine mugav, sest traditsioonilistel viisidel planeerida oleks tundvalt raskem ja keerulisem. [7]

#### Eelmodell

- Saab kirjeldada maa geomeetriat ja vajalike objektide nimesid. [3]
- Annab võimaluse lisada rohkem funktsioone ja teavete orienteeritud mudeli kohta.
- Tee geomeetria, põhilised andmed, maastiku mudel, olemasolev struktuur. [25]

#### Konstruktorid

##### Põhimudel ja dokumentatsioon

- Mudel aitab koordineerimisel leida geomeetrilisi konflikte ja aitab leida lahendusi probleemidele, et mudel oleks võimalikult korrektne. [3]
- Saab erinevad osad/elementid kaasata mudelisse. (ristmikud, tunnelid, truubid, jalakäijate sillad, raudteetunnelid, kiirendusrajad jne.) [8]
- Võimaldab projekti meeskonnal ehitada elemente õigesti ja vältida kulusid aeganõudvates parandustöödes. [19]
- Tõhusam meetod mõistmaks probleeme. Lisaks on võimalik leida lahendusi kontoris mitte ehitusplatsil. [19]
- Betoonsildade arvutused toimuvad kiiresti. Süsteem arvutab näitena terase ristlõiked ja positsioonid. [26]
- Programmide võimekus – erinevad maapinna kihid, torustikud, valgustus, teede märgistus.
- Programmides on võimalus määrata erinevaid valdkondi – teed ja maanteed; raudteed; maaparandus; kanalisatsioon, drenaaž ja kommunaalteenused; nafta ja gaas; jõed, tammid ja hüdroloogia; sadamad ja süvendid; lennujaamade taristu; üldine ehitus; kaevanduste taristu; geodeesia; keskkond. [24]

##### Visualiseerimine

- Võimalik on analüüsida keerulise liiklusega juhtimissüsteeme. Tarkvara abil suudetakse simuleerida 3D mudeli abil erinevaid olukordi. [5]

- Liikluse simulatsiooni võimalus. Võimalik on kontrollida simulatsioonis liikluse erinevaid stsenaariume ning leida olulisi vigu enne ehitamist. [5]
- Teede ja sildade ristumised.
- Torustike jagunemise simulatsioon 4D ja 5D abil.
- Mudeli abil kontrollitakse, et kõik seadmed on paigutatud optimaalselt, nt liikluskaamerad. [5]
- Tunneli puhul on suudetud tõsiseid liiklusohutuse probleeme lahendada. BIM mudel abil suudetakse simuleerida päikese valguse langemise erinevatel aastaegadel tunnelile. Selle abil said projekterijad leida erinevaid lahendusi, et blokeerida päikest. [5]
- Sildade tuule mõju ja vibratsiooni uuringud. [26]

### Ehitajad

#### Ehitamine 4D ja 5D

- BIM mudeli kasutamine pakub kiiremaid lahendusi, millega võidetakse kogu projekti koostamise ajas. Annab võimaluse vähendada liiklusriske ja üldiseid kulusid ehitamises. [5]
- Lihtne vaadata kõiki lahendusi ning annab võimaluse koordineerida ja hinnata olukordi. [8]
- Mudel võib olla orienteeritud maanteedele, eritasandilisusele, vee ja kanalisatsioonile, haljastusele. Samuti sillad, geotehnilisus ja valgustus. [10]
- Andmeid saab kiiresti lisada ja on alati kiire ülevaade projektist. [11]

#### Ehituslogistika

- Mudeli andmete põhjal on järelvalvel pidev ülevaade tootmisfaasis olevate masinate kontrolli ja tööjõu ettevalmistamise osas.
- Mudelit annab digitaalselt eksportida läbi GPS-süsteemi seadmetesse. Mille läbi saab teostada töid õigetes lõikudes ja mahtudes. [11]
- Kokkuhoid liikluse käsitlustasudega. Nt. tänu lühemale radade sulgemisele. [19]
- Masinate tööde täpsus.
- Sillaehituse logistikat lihtsam mõista kui kavandada eelnevalt 3D mudel. [19]

### Haldajad

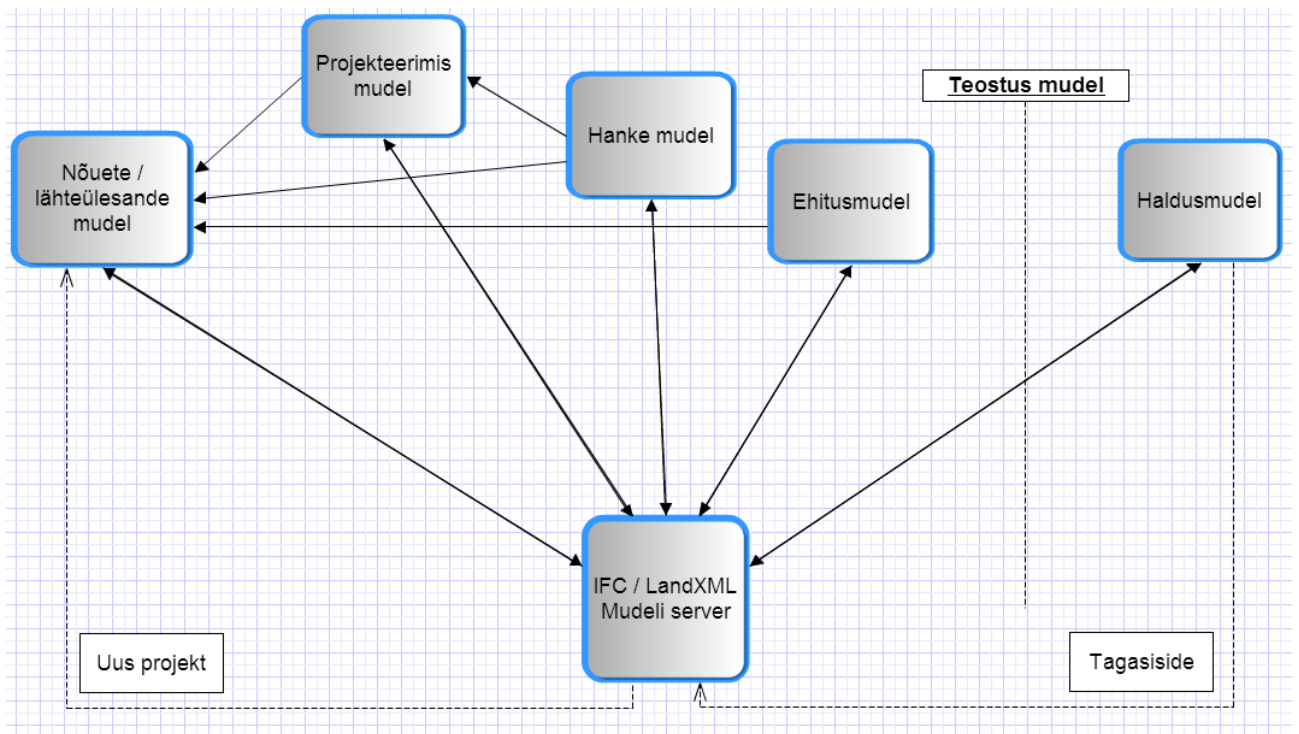
#### Kasutamine ja haldamine

- See võimaldab kaasata kogu üldsuse halduseks rühmades: kohalikud, piirkondlikud ja riiklikud tasandid.
- Toodetud digitaalse 3D andmebaasiga mudeli abil saab teha hooldustöid järjepidevalt ja minimaalsete kuludega.
- Uudne elektrooniliste dokumentide andmebaas 3D mudelis ja erinevad liidesed hooldustöötajatele. [6]
- Erinevate mõõtmistulemuste informatsiooni kogumik. [25]
- Mudeli olemasolul on lihtsam suhelda avalikkusega. Selle läbi suudetakse lahendusi efektiivsemalt kasutajateni viia.
- BIM aitab kasutajatel prognoosida tuleviku infrasektori nõudeid linnades ja neid käsitleda.

#### Andmete kogumine

- Sildade skaneerimisega saadakse punktipilv mille andmed saab üle anda kliendile ja millega saab teha kontrole mõõtmistest ja koordinaatidest. Lisaks saab punktipilve kasutada renoveerimisel, heakorratöodes ja laiendusprojektides. [19]
- Laserskaneerimise abil saab mõõdistada ka vanemad sillad ja luua sellest mudel.
- Hilisemad kohapeal mõõtmised ja kvaliteedinõuete tolerantsid hindamine. Seejuures informatsioon kahjude, hoolduse ja taastamise andmete kohta.
- Skaneerida algfaasis ja teatud aeg hiljem, sellise lähenemise abil saab kahte mudelit võrrelda ja teha hinnanguid kulude ja probleemide kohta mis aja jooksul on tekkinud. Üheks väljundiks on planeeritud kaevemahtude kontroll kasutades selleks laserskaneerimist.

## 4. BIM MUDELI SERVER



Joonis 2. Mudeli serveri terviklik vaade. [20]

Kogu protsess toimub ümber mudeli serveri, millele toel kõik osapooled omavahel suhtlevad. Esmalt seatakse ette lähteülesanne ja nõuded, kuidas tuleb projekt teostada. Sealt edasi jõutakse projekteerimisfaasi, mis hakkab suhtlema temale eelnevalt püstitatud nõuetega. Projekteerimise faasis tuleb lisaks hangete ettevalmistamine ja läbi viimine. Hankemudel või siis dokumentatsioon püstitatakse lähtuvalt nõuetest ja projekteerimisest. Kui eelnev protsess on läbitud ja analüüsid tehtud jõutakse ehitusmudelini mille abil hakatakse läbi viima ehitustöid platsil. Ehitamise käiguga paralleelselt koostatakse teostusmudelit, millesse viiakse sisse muudatused ning mudel viiakse vastavusse tegeliku ehitamisega. Tänu teostusmudelile saab koostada haldusmudeli mille abil saab ehitatud ehitist hallata ning teostada hooldustoiminguid.

Protsessi läbimisel suudetakse aja jooksul saada väärtuslikku tagasisidet, mille abil läbi viia erinevaid analüüse ja järeldusi tehtud tööde kohta. Eelpool kirjeldatud suudab arvesse võtta mudelserver, sõltuvalt kasutusõigusest on info on seal olemas ja kättesaadav. Mudelserver on

sobiv alus uutele projektidele, kus tahetakse kasutada sarnast tehnoloogiat. Eelnevatest projektidest saadud info põhjal suudetakse paremini siseneda uutesse projektidesse. Seetõttu suudetakse uued projektid tõhusamalt läbi viia.

## **5. AVATUD FAILIFORMAADID**

BIM tehnoloogia toimivuse märksõnadeks on avatus ja koostöö. Tänapäeval on ehitusvaldkonnas väga suur hulk erinevaid tarkvarasid, mida erinevates projektides kasutatakse. Ei ole mõeldav, et suure projekti raames on võimalik projekti osapooltel teha kõik vajalikud toimingud ühe tarkvaraga. Sõltuvalt valdkonnast on olemas spetsiifilised rakendused. Näiteks raudbetoonkonstruktsioonide tööjooniste vormistamiseks on väga heal tasemel programm Tekla Structures, samas arhitektuurse projekti koostamiseks on kasutusel ühe võimalusena Archicad. Tarkvarad on erinevate tootjate poolt ning seetõttu on kasutatavad failiformaadid erinevad. Selleks, et saavutada maksimaalset koostööd, on kasutusele võetud avatud failiformaadid, mis võimaldavad erinevates formaatides loodud faile konverteerida avatud formaadiks ning seejärel luua koondmudeleid või kasutada vabavaralisi vaaturprogramme mudelite vaatamiseks ning infopäringuteks. Suuremad avatud failiformaadi arendused on IFC ja LandXML

### **3.1. LandXML?**

LandXML on avatud faili formaat/spetsifikatsioon tsiviilehituses ja ülevaade mõõtudest andmetes erinevate osapoolte vahel: konstruktorid, projekteerijad ja järelevalve. Lisaks on ehitustegevuses formaadi abil võimalik juhtida masinaid ja seadmeid. Formaati hõlmab konstruktorite informatsiooni, kaasa arvatud järelevalve andmeid, pinnase andmeid, maa-ala andmeid ja 3D teid, tänavaid, raudteid ja veeteede mudeleid, samuti torustike võrgustikku. Lisaks geomeetriliste sõiduteede märgistusi, ristlõikeid ja pindasi, standardseid omadusi (funktsionaalsus või iseloom) saab muuta ja võimaldab skeeme kasutajal määratleda funktsionaalselt (analoogne omadus IFC-1). LandXML skeemid hõlmavad põhilisi informatsiooni nõudeid projektis ja rakendusi suurtesse tööstusharude tarkvaradesse (70 registreeritud vastavalt LandXML.org poolt).

Faili formaat on avaldatud LandXML.org poolt detsembris 1999 endise EAS-E (ASCII-based Engineering and Surveying-exchange initiative) liikmete ja Autodeski poolt.

## 3.2. IFC

IFC (Industry Foundation Classes) on avatud ja standardiseeritud andmete mudel mis võimaldab koostalitlusvõimet ehitus informatsiooni modelleerimise tarkvarade rakenduste AEC/FM vahel. IFC on olnud tööstuse arengus alates 1994 aastast ja algsed jõupingutused oli arendada tööstuste standardiseerimist organisatsioonides, ressursside kättesaamine ja tehnoloogia areng mis on näidanud tänaseni keskkonna dünaamilist protsessi. [21]

BuildingSMART on välja töötanud ühise andmete skeemi, mis võimaldab hoida ja vahetada andmeid erinevate rakendustega tarkvarade vahel. Skeem omab teavet mis hõlmab paljusid detaile ning aitavad hoone elutsüklile kaasa: kontseptsioon, projekteerimine, ehitamine ja renoveerimine või lammutamine.

IFC on peamine bulidingSMART andmemudeli standard. IFC formaat on registreeritud ISO-s ISO/PAS 16739 ja on samas ametlik rahvusvaheline standard ISO/IS 16739.

„Avatud“ on võtme sõnaks buildingSMART standardis. IFC-d saab vahetada ja jagada erinevate BIM andmeid erinevate rakenduste vahel mis on välja töötatud tarkvaratootjate poolt erinevates formaatides. Avatud formaat IFC ei kuulu ühelegi tarkvara müüjale, see on neutraalne ja sõltumatu eelkõige müüja plaanidest arendada tarkvara. [22]

IFC kasutab tekstifaili mis on universaalne andmete esitusviis arvutile. CAD arendajata andmete talletamiseks on failivorming mis sobib kõige paremini oma süsteemiga. Tarkvara arendajad pakuvad „Save As IFC“ ja „Import ICF“ käsked, mille abil kaardistada CAD ja muud failid IFC süsteemis. [23]

buildingSMART teine suurem arendus on IDM (*Information Delivery Manual*), mille eesmärk on pakkuda integreeritud tegevust BIM valdkonna protsessides ja andmetes. See annab protsessidele terviklikkusele kindlad kriteeriumid mille raames võimalik ehitist koos temale kuuluva infoga teostada ning tänu sellele on vajalik nõuete täitmine. IDM on suunatud nii BIM kasutajatele kui ka lahenduste pakkujatele.

- Annab kasutajatele lihtsalt mõista koos arusaadavate kirjeldustega ehituse protsesside nõuetest, mis võimaldab protsesse läbi viia edukalt. Lisaks omab lisateavet mis tehtud kasutaja poolt, ning mis võib olla vajalik tehtud ja lõpptulemuse saavutamiseks.



- Lahenduste pakkujad tuvastavad ja kirjeldavad täpseid funktsioone protsessi jaotamises. Nad vajavad IFC võimekust, et oleks toetus igale funktsionaalsele osale. Erinevad üksused, tunnused, vara kogumid ja omadused.

Lisaks annab IDM parema meetodika arengu tulevikus IFC mudeli laiendusteks, mis hõlmab kirjeldusi äritegevuse nõuetele ja IFC toetust kiiremale rakendamisele.[28] [29]

## 6. BIM JUHENDMATERJAL COBIM

Arvestades maailma kogemust on olulisel kohal juhendmaterjalide koostamine. Sõltuvalt tööstuse traditsioonidest ja kultuurilisest taustast on juhendmaterjalide ülesehitusloogikad erinevad. Meile lähim ja BIM valdkonnas suurimat mõju omav Soome on aastast 2007 välja töötanud BIM juhendmaterjale, koondnimega COBIM (*Common BIM Requirement*). Tegemist on juhendmaterjaliga, mis ei ole otseselt kohustuslik, kuid sellegipoolest on juhendmaterjal Soomes aktiivselt kasutusele võetud. Riigi Kinnisvara Asi poolt koostatud BIM juhendmaterjal põhineb samuti Soome COBIMi eelmisel versioonil.

Hiljuti uuendatud COBIM 2012 projekti rahastajateks olid mitmed kinnisvara omanikud ja arendajad, ehitusfirmad ja tarkvaratootjad. Samuti osales ka buildingSMART Soome projekti rahastamises. Selle tulemusena uuendati 1-9 peatükile juurde veel 10-13 mis väljastati Soomes 27. märts 2012. [27]

Juhendmaterjali peatükid jagunevad teemade järgi järgmiselt:

- Peatükk 1: Üldosa
- Peatükk 2: Alguse olukorrad modelleerimises
- Peatükk 3: Arhitektuurne projekteerimine
- Peatükk 4: MEP projekteerimine
- Peatükk 5: Struktuurne ülesehitus
- Peatükk 6: Kvaliteedi tagamine
- Peatükk 7: Kogused alustamiseks
- Peatükk 8: Mudelis visualiseerimine
- Peatükk 9: Mudelis MEP analüüside tegemine
- Peatükk 10: Energeetika analüüs
- Peatükk 11: BIM projektide juhtimine
- Peatükk 12: Mudeli kasutamine kinnisvarahalduses
- Peatükk 13: Mudeli kasutamine ehituses

Infrasektori vajadusi silmas pidades on COBIM juhend heaks lähtematerjaliks infravaldkonnale sobiva juhendi välja töötamiseks. Peatükkides sisalduv info on kättesaadav viites 27.

## 7. SUURIMAD ORGANISATSIOONID BIM VALDKONNAS

### 7.1. WSP Group

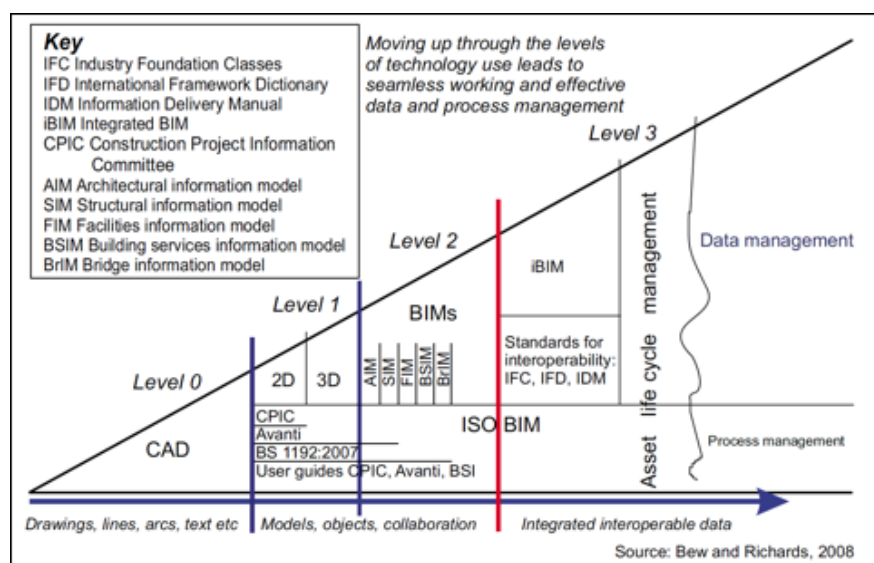
WSP Group on üks suurimad ühinguid kelle eesmärgiks on juurutada BIM-i kasutamist ehituses ja erinevates projektides. Sellest tulenevalt on neil lähema viie aasta (2011-2015) strateegia kuidas jõuda eesmärkideni. Organisatsiooni eesmärgiks on selgitada, kuidas BIM-i tajutakse kogu maailmas, selleks astuti samm tagasi, et saada täielik ülevaade mis tegelikkuses toimub. Mõisteti kuidas tõlgendatakse ja võetakse vastu BIM-i klientide poolt. Ennekõike taheti aru saada kuidas nende grupp saab aidata juhtida edasist arengut ja kogu sektorit. Selle kõige põhjal defineeriti kümme põhitõde BIM valdkonna kohta.

1. BIM viib projekteerimise uuele tasemele – Tehnoloogia areng avab projekteerimises uusi võimalusi ja BIM ei ole erand. 3D funktsioon võimaldab kujundada keerulisi asju ja selle juures tarkvara on võimeline läbi viima arvutusi mis muudab projekteerimise üha julgemaks.
2. „I“ on tähtsam kui „B“ – Päril pilt annab küll õige mulje, kuid see on info juhtimise vahend, mida BIM tarkvara tõestab. Üks põhjus aeglases BIM-i kasutamises ehitus sektoris on see, et on keskendunud liigselt „hoonele“ kuid mitte niivõrd „informatsioonile“.
3. BIM-i värviks on roheline – Kasutades projektides seda siis on selge, et väheneb energiakulu ja muud kulutused. BIM vähendab materjalide jäätmekäitlust ehituse ajal ja hoone haldamisel, ning lõpuks aitab ka säästlikult vajadusel lammutada. Energia modelleerimisel viib tulemus energiatarbimise miinimumini kogu elutsükli ajaks.
4. BIM on ehitust muutmas ebastabiilseks – Erinevalt CAD-st mis elektroonilise ühe tegevusena jättes protsessid suuresti puutumata siis BIM muudab senist oluliselt. Ei ole mõeldav BIM rakendamine kogu tööstuses, eeldades, et asjad ei muutu.
5. Valitsused peavad võtma juhtrolli – BIM-ga töötamise eelised tulevad ainult tihedas koostöös. Kui üks liige kasutab projektis BIM-i ja teised tegelevad jätkuvalt vanades teemadega siis on kasu piiratud. Et teha investeringuid, paneb see kellegi ummikseisu. Selleks on sageli valitsus.

6. Ettevõtted peavad tegema koostööd – Ettevõtted ja erialadel inimesed töötavad eraldi, suheldes ehituses ainult dokumentide vahetamisega, lihtsalt nii enam ei tehta. BIM võimaldab ja nõuab tihedamat integratsiooni.
7. Nii tarkvarad ja spetsialistid peavad tegema koostööd – Lihtsast koostööst ei piisa – tuleb viia harjumused vastavusse, et muutuks koostöö loomulikumaks. Tarkvara tuleb arendada et võimaldada sujuvat integratsiooni, lähtuvalt spetsialistide hoiakust.
8. Tekib uusi lepinguid – Mõlema osapoole tihedas koostöös digitaliseeritakse vastavalt süsteemile omad andmed. On kaks võimaliku arengut. Esiteks suurem omandiõigustes spetsialiseerumine modelleerimise spetsialistide hulgas. Teisena üha suuremad ettevõtted töötavad üha tihedamalt küsimuste lahendamises.
9. Tarkvara platvormid on ristteel. Sõltuvalt tulemustest on digitaalses keskkonnas uued ehitused vastavalt kolmes liigis: avatud standardid, suletud ja patenteeritud standardid või mitu standardit.
10. BIM muudab DNA-d tulevastes ehitustes – Kui süsteem on piisavalt ühtlustatud siis saab keskenduda selle kasutamisele. Kui alusandmete infrasektor on paigas ja sellega ollakse õpitud töötama paljudes tehnoloogiates millega võimalik tuua sisse mitmeid valdkondi. [31]

## 7.2. The Building Information Modelling (BIM) Task Group

BIM Task Group-i eesmärgiks on toetada ja aidata valitust ehituse strateegiatel ja nõuetel, et tugevdada avaliku sektori võimekust BIM-i elluviimises, ning et kõik osapooled võtaksid kasutusele miinimumi koostööks (*Level 2 BIM 2016*). Tasemed on toodud skeemil 1.



Skeem 1. BIMi tasemed [37]

Skeemilt on näha, et tasemel 0 on kasutusel CAD projekteerimine, tasemel 1 kasutatakse paralleelselt 2D ja 3D modelleerimist, tase 2 eeldab oluliselt enam koostöö tõhustamist protsessis. Lisaks muutub järgnevatel tasemetel olulisemaks mudelisse sisestatud informatsiooni kasutamine.

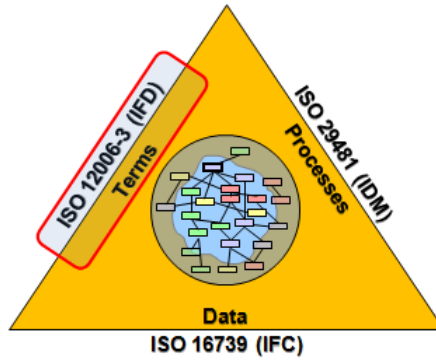
Organisatsiooni püstitatud hüpotees on lihtne: oluliselt parandada maksumust ja võimalik saavutada CO<sub>2</sub> normid, kasutada ja jagada avatult teavet. Aidata tõhustada tarnet ja koostöö võimalikult projektide töös ja elutsükli lõpuni. Grupp ühendab teadmisi tööstusest, valituseset, avalikust sektorist, instituutidest ja ülikoolidest. [32]

BIM Task Groupi peamised töörühmad on: [33]

- Koolitused ja haridus
- COBie nõuete andmekogu
- Tööde planeerimine
- BIM tehnoloogiate liidud
- The UK Contractors Group (UKCG)
- The Construction Products Association

### **7.3. buildingSMART (BS)**

BS on alguse saanud konsortsiumist International Alliance for Interoperability (IAI) 1994. aastal on kujunenud rahvusvaheline organisatsioon, mille eesmärgiks on parandada tarkvarade vahelist koostalitlusvõimet. BSi põhitegevus on olnud neutraalse ja avatud failiformaadi IFC (Industry Foundation Classes) arendamine BIM kontseptsioonile. Tänapäevaks on organisatsioon tegevusulatus laienenud ning lisaks IFC-le arendatakse IDM (Information Delivery Manual), IFD (International Framework for Dictionaries) ja MVD (Model View Definition). Antud valdkonnad on esitatud Joonisel 1. Samuti kuulub organisatsiooni põhitegevusse tarkvaraarendajate lahenduste vastavuse kontrollimine IFC standardile ehk tarkvarade sertifitseerimine. Organisatsioonil on palju väiksemaid alamprojekte, mis on vähemal või rohkemal määral seotud eespool nimetatud teemadega. BS on laienenud Euroopasse, Põhja-Ameerikasse, Austraaliasse, Aasiasse ja Lähis-Idasse (<http://www.buildingsmart.org>). [38]



**Joonis 1. buildingSMARTi põhitooted/tegevusvaldkonnad (Allikas: buildingSMART).**

## **8. BIM INFRASEKTORIS ERINEVATES RIIKIDES**

### **8.1. Soome**

Juba praegu on paljud infrasektori tarkvarad turul, mis suudavad genereerida 3D andmeid projektidesse. Rakendustega on võimalik toota andmete mudeleid, kuid kliendid on jäänud vanade hankemeetodite juurde, mis nõuavad dokumentide asemel andmete mudeleid.

Olukord on kiiresti muutumas. RYM PRE- (*Built Environment Process Re-engineering*) on arengu programm mille väärtus on 21 miljonit eurot. Selles osalevad 43 organisatsiooni – 37 eraettevõtet ja 6 teadusasutust. Programmi eesmärgiks on lõppkasutajate protsessid mis toetavad andmete mudelil põhinevat andmehaldust. Töö pakettis kannab infrasektor nimetust FINBIM ja selle eesmärgiks on arendada riigihanke meetodeid, standardeid ja uusi protsesse. Soome transpordi amet on seadnud eesmärgiks, et aastaks 2014 on kõigi suuremate tellitud infrasektori projektidel andmete mudel.

Esimene andmete mudel põhineb katseprojektile. Projekteerimise, ehitamise ja hoolduse andmed uues West Metros on koondatud 5D mudelisse, mis aitab saavutada parema kvaliteedi ja kokkuhoiu kogu elutsükli ajal. [1]

Lähemalt juttu objektidest peatükkides 9.1. ja 9.2.

### **8.2. Rootsi**

Enne kui Rootsi ametivõimud võtavad täieliku lähenemise BIM projektidele on vaja seada uued eeskirjad pakkumiste etappidele, sealhulgas õiguslikele aspektidele. Vaadates esimesi BIM kasutajaid teatud tasemel siis võitjad on töövõtjad.

BIM infrasektori algatused on initsieerinud ettevõtted ise. Luues eraldi peatüki organisatsioonis OpenBIM annab see väärtusliku tulemuse tööstusharule, mis põhineb avatud arutelul ja võimalusel teadmisi jagada. Initsieerivad asutused töötavad välja oma organisatsiooni ja strateegia millega viia BIM infrasektoris uuele tasemele.



Vaadates lähiaastaid siis on kindlasti oodata rohkem algatusi kõigi osapoolte poolt tööstuses ning kombineerides nende panust BIM maailmas. See hõlmab intelligentset 3D mudeli loomist erivaldkondade meeskondade poolt. Nimetatud lähenemisega on võitjad kogu arhitektuuri- ja ehitusvaldkond ja lõppkasutajad. [2]

Lähemalt juttu objektidest peatükkides 9.6. ja 9.7.

### **8.3. Norra**

Enamikul käimasolevatel suurtel infrasektori projektidel on 3D koordineerimise mudel mis põhineb Vianova Systems platvormil Novapoint. Mudelis on kirjeldatud geomeetria ja objektide nimed. Trend on lisada rohkem funktsioone ja teavet objekti mudelitesse.

Viimase 2-3 aasta jooksul on Vianova Systems läbi teinud radikaalse muutuse seoses 3D koordineerimise mudeliga mis hõlmab kõiki tööstuse harusid alates planeerimise varasest staadiumist. Lisaks näeme muutusi integreeritud tööprotsessides kus kõikidel erialadel on oma osamudel.

Kasu koostöös on kõikidel erialadel „näha ja kuulda“. Selle tagab tulemuse optimeerimine, kuna erinevad osapooled püüavad leida ühist lahendust. Koondmudeli abil kindlaks tehtavad geomeetrilised konfliktid aitavad kiiremini ja lihtsamalt koostada projekti lõpliku mudelit, mis on täiuslik.

Aastast 2012 järgivad Norra maanteeamet ja Norra riiklik raudteede administratsioon avalikes projektides üha enam tehnilisi nõudeid, mis toetavad BIM tehnoloogia kasutamist. [3]

Lähemalt juttu objektidest peatükkides 9.3., 9.4. ja 9.5.

### **8.4. Taani**

Täna ei kasutata BIM'i projekteerimise toetamiseks infrasektoris.

Mõned algatused võib panna koolituse raamistikku, kuid see on väga lokaalne ja piiratud. Hetkel ei saa kindlalt väita, mis tasemel BIM oskused on. Konkreetselt ei ole loodud ühtegi tulemuslikku näitajat, et analüüsida erinevate projekti osapoolte tulemusi.

Kui küsida tippjuhtidelt Taanis BIM'i kohta siis nad vastavad, et see on päevakorras. Ettevõtted on algatanud protsesse mille abil tõsta teadmiste taset BIM kasutamise osas. [4]

Lähemalt juttu objektist peatükis 9.8.

## 8.5. Ühendkuningriigid

Ühendkuningriikide (UK) valitsuse ehituse strateegia on pühendatud sellele, et pakkuda struktuurset võimet suurendada BIM kasutuselevõttu lähima 5. aasta jooksul, see on osa kavast, et parandada kinnisvara maksumust. Strateegia algatati juunis 2011. See eeldas, et valitsus on selgelt määratlenud andmed, mida vajatakse tööstuses ja mida üle võtta infrasektorisse. Valitsus on alustanud mitmeid pilootprojekte, et saada esimesi kogemusi detailsetest nõuetes. Mitmed tööstused on huvitatud ja eelkõige on reageerinud ettevõtte, mis töötavad valitsusasutustele.

BIM valdkonna määratlemiseks ja strateegia kavandamiseks püstitati hüpotees. „Valitsusel on ehituse tellijale võimalik pakkuda märkimisväärselt paremaid omahindu, lisaks on võimalik ehitusteavet jagada avatult erinevate osapoolte vahel.“ BIMi rakendamises peaks olema: väärtuslikkus, arusaadavus, üldsus, mittekaubanduslikkus, konkurentsivõimelisus, avatus, kontrollitavus, vastavused nõuetele.

Ühe osana strateegias on juba hariduse omandamisel ja koolitustel nõutavad teemad mida käsitleda. Strateegias tuuakse välja nõue, et koolituse lõpetanud ja tööstuse praktikute roll on see, et ülikoolid suudaksid tõsta teadlikust ja pakkuda vastavaid koolitusi. Sealhulgas julgustada institutsioone üle võtma BIM-i oma projektidesse. Hariduses ja koolitustes tuleks tegeleda järgmiste teemadega: teadlikkus, juhtimisoskused, tehnilised oskused, mitte-tehniliste kõrvalteenuste oskus, akrediteerimine, läbivaatamine ja võrdlusuuringud, projektide hindamine.

BIM väljundiks on nõutavad kindlad andmed projektis igas ametiasutuses. Selles määratletakse kulude vajalikus ja millised andmed on kättesaadavad mingites etappides. Nõutavad andmed tuleb kaardistada, ühtsete alustena on kasutusele võetud COBie , see tähendab tõlkes „*Construction Operations Building information exchange*“. Tegemist on vahendiga, millega jagada peamiselt mitte-graafilisi andmeid. Platvorm töötati välja Ameerikas, hetkel on käimas arendus, mille raames kohandatakse COBie kasutamiseks UK-s ja infrasektoris. Sellel on mittekaubanduslik formaat, mis toimib tabelina ning mida saavad hallata erineva suurusega ja IT tasemega organisatsioonid, seejuures on võimalik lahendust siduda muude süsteemide ja tarkvaradega. COBie edastab teabe omanikule/valdajale, et hallata ehitist tõhusalt. COBie on kasutusele võetud kui vahend aruandluseks BIM andmetes. [30]

## **9. SKANDINAAVIA OBJEKTID**

### **9.1. Ringtee 1 – Soome**

Tunnel on 4 + 4 sõidurealine Espoo kesklinnas. Tunnel on 500 m pikk ja hõlmab keerulist liikluse juhtimissüsteeme. Vianova on siin välja arendanud tarkvara simuleerimaks liiklus juhtimisseadmeid virtuaalselt 3D'na realselt mudelis.

Simulatsiooni süsteemi on kasutatud, et kontrollida erinevaid stsenaariume ning koolitamaks süsteemi kasutama personali enne kui see saab ehitatud.

#### **Miks BIM?**

Vianova kavandas detailse BIM koondmudeli tunnelist. Mudeli abil sai kontrollida, et seadmed on kõik paigaldatud optimaalselt tunnelisse, näiteks liikluskaamerad. Projektis oli võimalik vähendada liikluskaameraid ja optimeerida nende asukohti.

Tunnelis oli ka tõsiseid probleeme liiklusohutusega, sealhulgas päikese paistmisega otse tunnelile talvekuudel. BIM Vianova mudel suutis simuleerida päikse erinevatel aegadel ja seeläbi sai projekteerida erinevaid lahendusi, et blokeerida päikest. Kasutades Vianova BIM mudelit suutis see projekti kiirendada, vähendades liikluse turvariske ja vähendada üldkulusid ehitamises. [5]

### **9.2. Länsimetro – Soome**

Länsimetro on seotud lääne metrooliiniga Helsingi naabruses asuva Espooga. Projekt hõlmab renoveerimist ja laiendamist metrooliinil mis põhineb mudelil, kus mitu eriala on kaasatud.

Länsimetro mudel koosneb mitmest osast: infrarajatiste projekteerimine, ehitustehnilisus, hoone süsteemid (ventilatsioon ja elektrienergia) ja arhitektuur. Metrooliin on praegu ehitamisel. Mudelit kasutatakse, et kontrollida tunneli ehituse vastavust kõrgetele kvaliteedi nõuetele.

Peamine eesmärk on toota digitaalne 3D andmebaasi mudel mis on ehitatud, lõppeesmärgiga mudelit kasutada ja säilitada järgmise 100 aasta jooksul.

Länsimetro mudel on arendusprojekt. Tulevitehnoloogiat uuritakse selleks, et kontrollida BIMi kasulikkust hoolduses kogu elutsüklis. Näiteks uudne elektrooniliste dokumentide andmebaas ja erinevad liidesed hooldustöötajate jaoks. [6]

## 10. Bjørvika Phase II – Norra

Koostatud on 3D mudel koostöös kõikide valdkondadega.

Kogemused varasematest projektidest näitavad, et oleks olnud võimatu säilitada ülevaade ja kontroll kõigi projekteeritavate andmete (ja seega ka projekti kui terviku) kohta ilma ühise 3D koostöö mudelita.

Põhielemendid Bjørvika II etapis on ehitus King Håkon 5 tänaval ja uus ühendatav tänav kesklinnas alates lõuna kaares paiknevast E18st ja Queen Eufemia's tänavast, mis muutub peatänavaks. Projekt hõlmab ka sillaga Akerselva jõe ületamist. Lammutatakse vana liiklussõlm Bispelokket ja osad olemasolevad maanteed Nylandsveien'is. Uus sild Nylandsveien juures on lisatud ka projekti.

Praktiliselt võimatu on teha koostöö mudelita suurte linnade arendusi, mis hõlmab paljusi erialasi ja äärmiselt keerulisi tunnelid ja teede taristut. Kliendiks tööle on Norra maanteeamet ja töövõtja Skanska. Osalenud on veel koostöö mudeli projektis Aas Jacobsen, Vianova Plan & Traffic, ElectroNova ja Dronning Landskap.

Koostöö mudel on unikaalne sidekanal, kus kõik erinevad erialad on seotud: konsultandid, töövõtjad ja omanikud/kliendid.

### **Miks BIM?**

Unikaalne aspekt selles projektis on tegur, et Norra maanteeamet nõudis juba hankedokumentides koostöö mudelit. Kõik valitud osapooled panustasid nende loodud mudelite andmetega koostöö mudeli loomisesse.

Projekt on äärmiselt keeruline. Projekt paikneb väga kitsastes ruumitingimustes. Koostöömudelit kasutati modelleerimisel muudatuste juhtimiseks ja optimeerimaks kogu projekti vältel. See oleks olnud keeruline, kui seda oleks tehtud vanal viisil.

Koostöö mudelis osalevad ettevõtted saavad parema kontrolli projektile. Näiteks vaadates kõiki erinevaid valdkondi 3D's ühiselt siis suudetakse tuvastada konflikte varases projekti faasis. See säästab aega ja raha.

3D mudelit kasutatakse projektis kavandamiseks, juhtimiseks ja kvaliteedi tagamiseks. Jooniste saatmine edasi-tagasi ei ole enam vajalik. Koostöö mudel on ka ainulaadne sidekanal konsultantide, töövõtjate ja klientide vahel. [7]

## **11. E6 Dovrebanen – Norra**

Projekt asub 100 km Oslost põhjas, mööda Mjøsa järve. E6 kiirtee ja Dovrebanen raudtee paiknevad väga lähestikku. Norra maanteeamet (NPRA) ja Norra riigi raudtee amet (NNRA) ühendasid jõud, et planeerida ja ehitada E6 ja Dovrebanen terviklikult.

Vastavalt lepingule on töö jagatud kolme töövõtja vahel - COWI, Norconsult ja Aas-Jacobsen/Vianovaga ning lisaks liiklusplaneerimise lepingupartnerid. Tuginedes maantee NPRA uuele projekteerimisjuhendile (*Handbook 138*), töötavad kolm ettevõtet, kes koostavad esialgu erialamudeli ja seejärel kooskõlastavad teiste osapooltega ühise integreeritud koostöö mudeli.

### **Ühte projekti kaasatud mitu**

Ühisprojektis on maantee ja raudtee osa mis mõlemad on suurimad projektid selles piirkonnas: Maantee on NPRA projekt E6 Gardermoen-Biri, samas raudtee osa projektist on Dovrebanen Eidsvoll-Hamar. Ehituse läbiviimine on samuti jaotatud kolmeks osaks. Eraldi töövõtjad on määratud erinevatele osadele. Esimese osa teostajaks on määratud Alpine Bau GmbH, teise osa teostaja on Veidekke Hochtief ja kolmanda osa ehitaja on Hæhre Entreprenør.

Ehitus algas juunis 2012 – kokku ca. 22 km neljarealine E6, 17 km paarisrajaline raudtee. Lisaks kohalike teid ja 19 km jalgratta- ja kõnniteid. Projekt hõlmab ka neljarealist tunnelit kogupikkuses 3,6 km, raudteetunnelit kogupikkusega 4,6 km, ning kaks ristmiku koos kiirendusradade, truupide ja jalakäija sildadega.

### **Oluline töö metoodika**

Kuna käsiraamat 138 ei olnud 100% lõpetatud projekti alguseks, oli see siiski aluseks, et leppida kokku ühine projekti dokumentide käsitlemise struktuur, protsess ja meetod 3D modelleerimiseks. Kirjeldused aitasid kõigil kolmel osapoolel teha sama struktuuriga mudelid, sealjuures ka koostöö mudel.

Seoses digitaalsete tulemustega puudusid konkreetsed nõuded, mida tarkvara kasutas erinevates 3D mudelites, lihtsalt, et vormi tulemused peaksid olema DWG. Selle aluseks otsustati koostöö mudelis kasutada Novapoint Virtual Map, ühine vahend projekteerimise modelleerimises ja visualiseerimises. Novapoint Virtual Map konverteerib ühised projekteeritud andmed visuaalselt rikastatud mudelisse, et osapooled saaksid hõlpsalt aru ja saaksid aktiivselt jälgida protsessi.

Kokkupanek tähendab jooksvalt uuendatud virtuaalset mudelit kogu projekteeritud andmete kohta erinevates valdkondades. Kogu projekteerimise protsessi käigus uuendatakse mudelit pidevalt, et kajastada igal hetkel projekteerimise staatus.

NPRA-l ja NNRA-l olid ranged nõudmised 3D mudelitele ja ühtlasi on see aluseks ehitusmasinate andmetele ja infopäringutele töövõtjale. 2D joonised genereeritakse loodud mudelistest.

- See on oluline samm, mis põhineb täielikult inseneri tööol, kus 3D modelleerimine on muutumas üha olulisemaks.

Kõik osamudelid moodustavad täieliku projekt mudeli, mis põhineb Novapoint Virtual Map visualiseerimise süsteemil. Saab luua tervikliku 3D järjepideva koordineerimise ja kontrolli.

### **Järjepidev koordineerimine ja kvaliteedi tagamine**

Vabavaralise vaaturprogrammiga Novapoint Virtual Map saab hinnata ja kontrollida kogu 3D mudeli projekti ja liikuda vabalt ümber mudeli nii maa peal kui all. Vaatluse võimalus projekteerimise 3D virtuaalses mudelis annab uue lähenemise.

- Nii on lihtsam vaadata kogu lahendusi ja teha koordineerimisi ja hindamisi, sealhulgas automaatne projekteerimise vastuolude kontroll. See on palju kiirem võimalus avastada projekteerimisvigu ja neid kõrvaldada võrreldes 2D projekteerimisega. Konfliktide arv ehituses on drastiliselt vähenenud ja samal ajal on tekkinud head esteetilised lahendused.

### **Peamine kasu töövõtjale**

Koostöö mudel ühisprojektis pakub parema aluse töövõtjale. Planeerimise tööprotsessi on võimalik palju paremini läbi viia kui lihtsalt kasutada 2D joonistena koostatud dokumente. Koostöö mudel aitab kaasa paremale kvaliteedi ja kulude kontrollile ning on lisaks suurepärase vahend töövõtjale.

- Ettevõtjad võivad kasutada ja tutvuda koostöö mudeliga, et mõista projekti. Selline mudeli vaatamine on teinud ilmselt protsessi palju kiiremaks kui kasutada umbes 700 joonist mis on samuti osa teise etapi ehitamises
- Koostöö mudel pakub palju parema võimaluse mõista tööd. Näiteks olulisemaid arvutusi saab teha täpsemalt. Lisaks võivad töövõtjad tuua seadmetes välja andmeid otse mudelist, pakkudes paindlikust andmete allalaadimises mida tõesti on vaja, ütleb ta.

Kriitiliselt oluline on see, kuidas korraldata tööd: - Oluline on määrata hea koordinaator projektile, kes vastutab kogu protsessi eest ja määrab vastutavad pooled iga valdkonna mudeli osas.

- Kõik erialad tuleks varakult kaasata protsessi, see on lahendus kvaliteedi tagamiseks – valdkondade koordineerimise kaudu saavutatakse koostöö mudel – väheneb oluliselt vigade tekkimise oht. Ehitusliku projekteerimise vastuolude juhtimine muutub palju lihtsamaks ja täpsemaks.

### **Elutsükli mudel ehitajatelt**

Koostöö mudel annab uusi võimalusi – projekteerimise faasis, järelkontrollil ehituses ja samuti kasutusajal:

- Koostöö mudel võimaldab avastada ja kinnitada asju palju kiiremini ja varem projekteerimise käigus. Vead ja konfliktid võivad sellest tulenevalt olla väga kulukad kui need esmakordselt avastada ehitusplatsil.
- Ühine 3D mudel on suurepärane vahend konfliktide lahendamiseks.

Kommunikatsiooni vahendina koostöö mudelit kasutatakse aktiivselt projekti siseselt teabevahetusel ja planeerimise tegevusel. Samuti väliselt ehitajatega ja muude sidusrühmade ja meediaga.

- Visualiseerimine on ühtemoodi esitatud erinevate mudelite esitamisel maaomanikele, poliitikutele ja ametiasutustele, samuti arutatakse projekti üksikasju kollektiivselt, ütleb ta.
- Mudeli põhine projekteerimine võimaldab ka teistel erialadel siseneda tööprotsessi varem.
- Otsustav lahendus võib tekkida varem ja see viib protsessi parema planeerimiseni.
- Teostusmudeli andmed on samuti väga kasulik auditeerimiseks ning hoolduse eesmärgil kasutamiseks ehitise elutsükli jooksul.

## **12. Kolsåsbanen – Norra**

Kolsås on metrooliin mis kulgeb Oslo kesklinnast äärelinna Kolsåse, mis on tegevuses olnud ligi 60 aastat. 2006 suleti liin uuendamiseks. Projekt hõlmas kokku 13 metroojaama, millest 7 Oslo linnas Bekkestua, kus tuleb ehitada uued jaamad. Projekt oli jagatud 14 ehituslepinguks. Gjønnes tarneleping uue metrooliini ja uute jaamade kohta, sealhulgas kõik vajalikud tehnilised seadmed. Lepingu klient on KTP ja töövõtja Veidekke.

Projekteerimisel ja planeerimisel tehti koostööd mitmete konsultantidega kes on spetsialiseerunud erinevatele valdkondadele. Mitmed ettevõtted koostöös kasutasid koondmudelit. Vianova Plan & Traffic programmi abil kavandati raudteeliinid, teed. ElectroNova abil projekteeriti elektriseadmed



ja Aas Jacobsen projekteeris infrarajatise osa. Lisaks olid kaasatud ka arhitektid ja maastikuarhitektid.

Projekti keerukus oli sellest, et palju osapooli oli kaasatud projekti. Kõik erialad tegelesid oma mudelitega mis hiljem koondati ühiseks koondmudeliks. Projekti käigus viidi läbi vastuolude kontroll kahe nädala tagant. Koondmudel lihtsustab suhtlemist erialade vahel ja samuti konsultantide ja töövõtjate vahel.

### **13. Kreera Samhällsbyggnad – Rootsi**

Projekt E22 Hurva-Rolsbega, Rootsi maanteeamet asus rekonstrueerima olemasolevat maanteed mis muudetakse kiirteeks. Projekti eesmärgiks on suurendada ohutust ja parandada keskkonda marsruudil elavatele elanikele.

Projekteerimises on mudelis orienteeritud maanteele, eritasandilisusele, veevarustusele ja kanalisatsioonile ning haljastusele. Kreera on vastutav ka koordineerimise eest projektis, sellele lisaks on nad vastutavad sildade, geotehnika ja valgustuse eest.

Kõik mudeli elemendid on monteeritavad ja visualiseeritud koostöö mudelis. Selline lähenemisviis aitab teenindavate masinate andmeid kontrollida ja kvaliteedi kontroll töövõtjal on kiirem. Samuti aitab see leida vigu varem, kasutades vastuolude avastamist, mis näitavad valesti paigutatud torusid, aluseid ja olemasolevaid konstruktsioone. Koostöö mudel suurendab ka arusaamist sellest mida tuleb kõikidel osapooltel teha. Kokkuvõtvalt võib öelda, et tagatakse andmete kvaliteetne vahetamine.

### **14. Svevia AB – Rootsi**

Projekt „Kvarteret Backen“ toimus Huddinge omavalitsuses mis hõlmas ehitustöid nii maantee ja vee- ja kanalisatsioonisüsteeme. Projekt hõlmas umbes 5 km kraavi vee- ja kanalisatsioonile ja sadevee torustike erinevatele suurustele mis asuvad eri sügavustel. Projekt eeldas tihedat koostööd töövõtja Svevia ja konsultant Tyréns vahel, kes koostasid maantee projekti, lisaks oli kaasatud Sweco vee- ja kanalisatsiooni projekti osas.

Konsultandid kasutasid pidevalt mudeli andmeid ehitusfaasis tööjõu ettevalmistamisel ja masinate kontrollis. Digitaalsetes mudelites eksporditi otse info ekskavaatorites varustatud GPS-süsteemi. Operaator näeb täpset asetust 3D mudelil lõikude kohta ja mahtusid mis täidetud. Selle abil on lihtne teha korrektsed lõigud, nõlvad ning teedehitus.

Svevia defineeris täiendavad digitaalsed andmeid, näiteks lõid täiendavad vee- ja kanalisatsiooni mudelid. Seda tehti, et hõlbustada kontrolli masinate üle ja et oleks võimalik pidevalt õiges koguses kaevata, teha valde ja aluseid. See tähendab, et kõigi osade järel oli lõpuks olemas terviklik teostusmudel.

Konsultantide juurdepääs andmete mudelile annab mitmeid eeliseid: saab kasutada mudelit kontrollimaks masinaid kohapeal, andmeid saab paindlikult lisada ja kiire ülevaade projektile. Lihtsam on hinnata projekti kulusid. Samuti säästab aega: „Selleks, et juhtida tööd ja saada mahud võttis aega 8 päeva. See on ülesanne mis tavaliselt kestab umbes 4 nädalat ülevaatamisega“. [11]

## **15. Marselis Boulevard – Taani**

Aarhus omavalitsuses on töös projekt, et luua tulevikku suunatud lahendustega infrastruktuur, mis suurendab liiklust Aarhus sadamas.

Sadam on oluline linna tööstusele. Lisaks on see suurima terminaliga sadam Taanis. Hästi toimiv sadam tähendab suurt liikluse kasvu lähiteedel, mis tähendab suurt väljakutset linna infrarajatistele. Sellel põhjusel Aarhus' e vald planeerinud projekti, et luua lahendusi tulevikku suunatud infrastruktuuris, mille järel võib suurendada liiklust Aarhus sadamas.

Esimene osa projektist, 1. etapp – Åhavevej, alustati juunis 2010 ja eeldatavasti valmib suvel 2013. 2. Etapp – 1,8 km pikkune Marselis tunnel, millel pole veel lõpliku tähtaega.

Rambøll Denmark on loonud 3D mudeli, mis näitab lõpptulemust valmivast ehitusest. 3D mudel näitab projekti õigetes mõõtmetes. Seal on kantud informatsioon olemasolevate hoonete pinnaseolude, kanalisatsiooni, kaugküte, toite, veetorustiku, kaablite ja tegeliku 3D mudeli kohta. 3D mudeli kasutamine on oluline vahend selleks, et kontrollida kvaliteeti projekteerimises. Võimalik on teha vastuolude kontrollide erinevate osade vahel, mis tähendab, et vead avastatakse kavandamise etapis õigeaegselt ning see ei ohusta ehitusplatsi tööd. [12]

## 10. KOKKUVÕTE

Ehitusinfo modelleerimise kasutuselevõtmine avardab oluliselt enam võimalusi ehitussektoris. Positiivse näitena saab välja tuua Inglismaa valitsuse, kes on seadnud eesmärgiks aastaks 2016 jõuda BIMi juurutamisel tasemel 2. Eesti kontekstis ilmselt ei jõuta selleks ajaks nii kaugele, kuid eesmärgistatud areng BIM valdkonnas on möödapääsmatu, et püsida rahvusvahelises konkurentsist.

Käesoleva töö tulemused on allolevalt kokku võetud positiivsete ja negatiivsete aspektidega, mis kaasnevad BIM tehnoloogia kasutusele võtmisega. Lisaks on viidatud kitsaskohtadele, mis takistavad BIM tehnoloogia kasutuselevõtmist.

### Positiivsed aspektid

- BIM läbi elutsükli – Mudeli kasutamine ei ole ainuüksi vajalik planeerimise ja ehitamise ajal vaid seda saab kasutada terve elutsükli vältel.
- Kõik salvestatud andmed ühes kohas – Mudeli kasutamisel koos tema dokumentidega on info kättesaadavad kõigile osapooltele ühes kohas.
- Suurendab teavet ehitatu kohta – Võimalik mudeliga siduda ka kõige väiksemaid fakte ja infot, mida tavapärase planeerimise/ehitamise juures võidakse ära unustada või olulistel hetkedel märkamatuks jääda.
- Üksikasjad koos objekti kirjeldustega – Infohulk on suur, mida on võimalik mudeliga siduda. Selle juures ka kõik mudeli ümber seonduv keskkond. Oluline on see kindlasti ehitamise käigus kui muudatused on igapäevased ja iga detail on suure tähtsusega.
- Kiire ja kvaliteetne geodeesia – Suur roll teede ehituses on geodeesial ja selle muudatuste tegemine on mudeli olemasolul kiire tänu sellele, et programmidega töötades saab hõlpsalt tekitada erinevaid olukordasi ja see muudab geodeesia töö täpsemaks ja kvaliteetsemaks.
- Kiire muudatuste juhtimine – Muudatusi on lihtne läbi viia ja see info on kiirel kättesaadav kõigile.
- Visualiseerimise võimalus – Annab olulised eelised tavapärasele projekteerimisele.
- Võimaldab simuleerida eriolukordasi ja takistusi mis muudab analüüsi ja otsustamise kiiremaks.

- Integreeritud töö erinevates valdkondades – Mudeli kasutamine seob erinevad valdkonnad projektides. See annab võimaluse suhelda igapäevaselt kõigi osapooltega lõpptulemuse kvaliteedi kasvatamiseks.
- Ühe virtuaalse ruumi abil planeerimine ja koostöö – Mudel on baas, mille ümber tegevus käib ja millele saavad osapooled toetuda.
- Vigade tuvastamine – See on mudeli kasutamisel suur eelis, kus on võimalik tuvastada vastuolusid erinevate osapoolte vahel mida inimsilm ei suudaks 2D jooniste pealt välja lugeda.
- Säästetakse aega ja raha – Ajavõit tekib selle arvelt, et suudetakse ennetada riske ja planeerimis/ehitamise vigu. Riskide ja vigade enneaegne tuvastamine annab võimaluse leida lahendusi juba eos. Mida rohkem analüüsida mudelit planeerimise käigus seda efektiivsemalt sujub ehitus ja just selle arvelt võidetakse ajas. Raha säästetakse enneaegsete vigade tuvastamisega, sest mudeli kasutamine võimaldab veada tuvastada enne kui need reaalselt teostatakse. Odavam on muudatusi teha mudelis kui juba valmis ehituses.

### Negatiivsed aspektid

- Uus ja võõras – Iga uus on algul võõras ja see vajab lihtsalt suuremat pühendumist, et saavutada selle parimate omaduste kasu.
- Vajadus muuta hoiakuid töö tegevustes – Nõuab muudatusi nii planeerimises kui ehitamises, sest mudeli koostamisel vaja igapäevaselt suhelda kõigi osapooltega intensiivselt, vältides tavapärasest rutiini, kus üks valdkond on täielikult oma töö teinud ja teine osapool peab lähtuma täielikult temale üle antud lahendustest.
- Vaja investeerida uutesse programmidesse ja koolitustesse – Vajadus investeerida seadmetesse ja inimestesse kes suudaksid sellise planeerimise/ehitamise stiiliga töötada.
- Teatud juhtudel modelleerimine detailsusega raske ja aeganõudev – Projekteerimise faasis muutub töö mahukamaks. Uuringud näitavad, et projekteerimise faasis suureneb töö maht suurusjärgus 5%.
- Puuduvad juhendid – hetkel on tõsine puudus juhendmaterjalidest erinevatele tasanditele, nii riikliku strateegia tasandil kui konkreetsete tööjuhiste koostamisel
- Vähene hulk parameetrilisi tootekatalooge – projekteerijate töö tõhustamiseks muutmiseks on puudu lähtematerjalidena parameetrilised tootekataloogid.
- Seadusruumi piirangud – tänaste lepinguvormide puhul on keeruline BIMi rakendamine.

- Tarkvarade paljusus – valdkonnas on palju erinevaid tarkvarasid, mis muudab ladusa koostöö tagamise keeruliseks, leevenduseks siin on avatu failiformaatide kasutamine.
- Riikliku poliitika puudumine – ühtse suuna puudumine põhjustab valdkonnas erisuunalisi arenguid, mis tervikuna valdkonda ei arenda.
- Tellija vähene teadlikkus võimalustest – teatakse sõna BIM, aga milliseid võimalusi see pakub, ei ole teada. Hangetes võib kohata terminit BIM, kuid kasutusel on sõna ilma selle sisulist poolt arvestamata.

## VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

1. BIM for Infrastructure in Finland. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-Today/BIM-for-Infrastructure-in-Finland#.UadcWNI3A7F> (30.05.2013)
2. BIM for Infrastructure in Sweden. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-Today/BIM-for-Infrastructure-in-Sweden#.UaddI9I3A7F> (30.05.2013)
3. BIM for Infrastructure in Norway. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-Today/BIM-for-Infrastructure-in-Norway#.UaddINI3A7F> (30.05.2013)
4. BIM for Infrastructure in Denmark. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-Today/BIM-for-Infrastructure-in-Denmark#.UadeIdI3A7F> (30.05.2013)
5. Ring Road 1 – Finland. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-ME-UP/Ring-Road-1-Finland#.Uadep9I3A7F> (30.05.2013)
6. Länsimetro – Finland. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-ME-UP/Laensimetro-Finland#.UadgA9I3A7F> (30.05.2013)
7. Bjørvika Phase II – Norway. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-ME-UP/Bjoervika-Phase-II-Norway#.UadgZNI3A7F> (30.05.2013)
8. E6 Dovrebanen – Norway. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-ME-UP/E6-Dovrebanen-Norway#.UadhFdI3A7F> (30.05.2013)
9. Kolsåsbanen – Norway. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-ME-UP/Kolsaasbanen-Norway#.UadhhdI3A7F> (30.05.2013)
10. Kreera Samhällsbyggnad – Sweden. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-ME-UP/Kreera-Samhaellsbyggnad-Sweden#.UadiBdI3A7F> (30.05.2013)
11. Svevia AB – Sweden. [WWW] <http://www.vianovsystems.com/BIM/BIM-ME-UP/Svevia-AB-Sweden#.UadiyNI3A7F> (30.05.2013)

12. Marselis Boulevard – Denmark. [WWW] <http://www.vianovasystems.com/BIM/BIM-ME-UP/Marselis-Boulevard-Denmark#.UadjItI3A7F> (30.05.2013)
13. LandXML for buildingSMART. [WWW] <http://www.buildingsmartnordic.org/resources/bSI%20LandXML%2020120520.pdf> (30.05.2013)
14. Challenges for interoperability in openINFRA. ByggSøk. [WWW] [http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/01\\_jorulv\\_rangnes\\_2012-06-06\\_challenges\\_of\\_interoperability\\_for\\_openinfra\\_0.pdf](http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/01_jorulv_rangnes_2012-06-06_challenges_of_interoperability_for_openinfra_0.pdf) (30.05.2013)
15. Background for selecting LandXML as the preferred format for Infra in Finland. [WWW] [http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/02\\_juha\\_liukas\\_buildingsmart\\_landxml\\_background\\_finland\\_2012-06-07.pdf](http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/02_juha_liukas_buildingsmart_landxml_background_finland_2012-06-07.pdf) (30.05.2013)
16. Design to automatised construction. [WWW] [http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/04\\_mattias\\_skoog\\_effektivare\\_maskinstyrning.pdf](http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/04_mattias_skoog_effektivare_maskinstyrning.pdf) (30.05.2013)
17. Model design and exchange in Norway Toady. [WWW] [http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/05\\_heidi\\_berg\\_landxml\\_seminar\\_building\\_smart.pdf](http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/05_heidi_berg_landxml_seminar_building_smart.pdf) (30.05.2013)
18. Bentley and LandXML. [WWW] [http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/08\\_timo\\_tuukkanen\\_buildingsmart-oslo-20120607\\_1\\_0.pdf](http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/08_timo_tuukkanen_buildingsmart-oslo-20120607_1_0.pdf) (30.05.2013)
19. BIM – Building Quality. [WWW] [http://skanska.smartpage.fi/en/bim\\_building\\_quality/files/skanska\\_bim\\_building\\_quality.pdf](http://skanska.smartpage.fi/en/bim_building_quality/files/skanska_bim_building_quality.pdf) (30.05.2013)
20. International perspective on BIM. [WWW] <http://bit.ly/17qWu7r> (06.06.2013)
21. The IFC standard - a review of history, development, and standardization. [WWW] <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/36870> (31.05.2013)

22. Industry Foundation Classes (IFC) data model. [WWW]  
<http://www.buildingsmart.org/standards/ifc/model-industry-foundation-classes-ifc>  
(31.05.2013)
23. IFC and BIM. [WWW] <http://www.solibri.com/building-information-modeling/ifc-and-bim.html> (31.05.2013)
24. Software for Road Infrastructure. BIM aspects in construction projects. [WWW]  
<http://www.ropl.com/digital/2012/software/flipviewerxpress.html> (31.05.2013)
25. 5D-BRIDGE - Finnish bridge BIM. [WWW]  
<http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=3958> (31.05.2013)
26. Bridge Design by WSP Finland. [WWW]  
<http://www.tekla.com/international/solutions/references/Pages/bridge-design.aspx>  
(31.05.2013)
27. Common BIM Requirements 2012. [WWW]  
<http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3> (06.06.2013)
28. Information Delivery Manuals. [WWW] <http://iug.buildingsmart.org/idms/> (06.06.2013)
29. Information Delivery Manuals: General Overview [WWW] <http://bit.ly/1b7Bj7o>  
(06.06.2013)
30. UK government building information modelling (BIM) strategy. [WWW]  
<http://bit.ly/18VpGRW> (07.06.2013)
31. 10 TRUTHS ABOUT BIM. [WWW] <http://www.wspgroup.com/en/BIM/10-truths-about-BIM/10-truths-about-BIM1/> (07.06.2013)
32. The Building Information Modelling (BIM) Task Group. About us. [WWW]  
<http://www.bimtaskgroup.org/about/> (07.06.2013)
33. The Building Information Modelling (BIM) Task Group. Working Parties. [WWW]  
<http://www.bimtaskgroup.org/working-parties/> (07.06.2013)



## LISA 1. LISAMATERJALID

1. LandXML-related works at TUM – CMS. [WWW]  
[http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/07\\_yang\\_ji\\_openinfra\\_olso\\_20120607.pdf](http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/07_yang_ji_openinfra_olso_20120607.pdf)  
(30.05.2013)
2. Contractor using LandXML. [WWW]  
[http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/06\\_anders\\_avlesen\\_contractor\\_using\\_landxml\\_-\\_skanska.pdf](http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/06_anders_avlesen_contractor_using_landxml_-_skanska.pdf) (30.05.2013)
3. SITECH Norway as. [WWW] [http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/09\\_perola\\_bertnsen\\_landxml\\_trimble.pdf](http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/09_perola_bertnsen_landxml_trimble.pdf) (30.05.2013)
4. Comparative roles of major stakeholders for the implementation of bim in various countries. [WWW] <http://www.changingroles09.nl/uploads/File/Final.KD.Wong-KW.Wong-Nadeem.pdf> (31.05.2013)
5. Setting the BAR for BIM implementation: Swee hong engineering construction pte ltd. [WWW] [http://www.bca.gov.sg/publications/BuildSmart/others/buildsmart\\_11issue9.pdf](http://www.bca.gov.sg/publications/BuildSmart/others/buildsmart_11issue9.pdf) (31.05.2013)
6. Towards Implementation of Building Information Modelling in the Construction Industry. [WWW]  
[http://usir.salford.ac.uk/20702/2/Towards\\_Building\\_Information\\_Modelling\\_Paper\\_Engineering\\_Management\\_and\\_Technology\\_Conference\\_in\\_Istanbul.pdf](http://usir.salford.ac.uk/20702/2/Towards_Building_Information_Modelling_Paper_Engineering_Management_and_Technology_Conference_in_Istanbul.pdf) (31.05.2013)
7. A Review of BIM-Guidelines: Content, Scope & Positioning. [WWW]  
[http://bips.dk/files/bips.dk/111031\\_-\\_bim\\_guidelines.pdf](http://bips.dk/files/bips.dk/111031_-_bim_guidelines.pdf) (31.05.2013)
8. Integration of Infrastructure design and Construction design. [WWW]  
[http://geoforum.no/kurs-og-konferanser/publiserte-foredrag/2010/den-kloke-tegning/after-digital-interation-of-infrastructureprogram/at\\_download/file](http://geoforum.no/kurs-og-konferanser/publiserte-foredrag/2010/den-kloke-tegning/after-digital-interation-of-infrastructureprogram/at_download/file) (31.05.2013)

9. Applied VDC and VR Models, Methods, and Processes for Civil Infrastructure Projects. [WWW] [http://viasys.fi/www.viasys.com/images/pdf/CI1889-R\\_Applied\\_VDC\\_ViasysVDC-JSireeni-LParve\\_Public.pdf](http://viasys.fi/www.viasys.com/images/pdf/CI1889-R_Applied_VDC_ViasysVDC-JSireeni-LParve_Public.pdf) (31.05.2013)
10. BIM for Infrastructure: A vehicle for business transformation. [WWW] [http://thebuildingcoder.typepad.com/files/bim\\_for\\_infrastructure\\_november\\_2012.pdf](http://thebuildingcoder.typepad.com/files/bim_for_infrastructure_november_2012.pdf) (31.05.2013)
11. BIM practices and challenges framed - an approach to systemic change management. [WWW] <http://bit.ly/11mPQYr> (06.06.2013)
12. Success Stories. [WWW] <http://www.viasys.com/index.php/success-stories> (31.05.2013)
13. The project manager's guide to BIM infrastructure. [WWW] <http://projectmanager.com.au/managing/project-manager-guide-bim-infrastructure/> (31.05.2013)
14. BIM and the rise of infrastructure PPPs. [WWW] [http://www.rebuildingamericainfrastructure.com/magazine-article-rai-march-2012-bim\\_and\\_the\\_rise\\_of\\_infrastructure\\_ppps-8752.html](http://www.rebuildingamericainfrastructure.com/magazine-article-rai-march-2012-bim_and_the_rise_of_infrastructure_ppps-8752.html) (31.05.2013)
15. 3 Reasons BIM Will Transform Infrastructure in 2013. [WWW] [http://geodatapoint.com/articles/view/3\\_reasons\\_bim\\_will\\_transform\\_infrastructure\\_in\\_2013](http://geodatapoint.com/articles/view/3_reasons_bim_will_transform_infrastructure_in_2013) (31.05.2013)
16. Why a Living 3D Model Is an Indispensable City Planning Tool. [WWW] [http://geodatapoint.com/articles/view/why\\_a\\_living\\_3d\\_model\\_is\\_an\\_indispensable\\_city\\_planning\\_tool](http://geodatapoint.com/articles/view/why_a_living_3d_model_is_an_indispensable_city_planning_tool) (31.05.2013)
17. The LandXML Project. [WWW] <http://www.landxmlproject.org/> (31.05.2013)
18. Finnish inframe model application documentation for LandXML v1.2. [WWW] <http://cic.vtt.fi/inframe/index.html> (31.05.2013)
19. Building information modeling (BIM) „Best Practices“ project report. [WWW] <http://www.civil.ubc.ca/people/faculty/staub-french/BIMBestPractices2011.pdf> (31.05.2013)

20. Affiliated Specifications. [WWW] <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/related-specifications/affiliated-specifications> (31.05.2013)
21. Realising the Benefits of BIM. [WWW] <http://www.geospatialworld.net/Paper/Technology/ArticleView.aspx?aid=30483> (31.05.2013)
22. Vianova. Infrasektor. [WWW] <http://www.vianova.ee/Valdkonnad/Infrasektor#.UanfgtI3C2E> (31.05.2013)
23. 3D infrastructure models for transportation, utilities and sustainable urban design. [WWW] <http://atlandsend.typepad.com/at-lands-end/bim/> (31.05.2013)
24. Role of BIM in Infrastructure Seismic Retrofits. [WWW] <http://www.structuremag.org/article.aspx?articleID=1412> (31.05.2013)
25. IFC4 Release Summary. [WWW] <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/ifc4-release-summary> (31.05.2013)
26. IFC4 – the new buildingSMART Standard. [WWW] [http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART\\_IFC4\\_WhatisNew.pdf](http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART_IFC4_WhatisNew.pdf) (31.05.2013)
27. The IFC standard - a review of history, development, and standardization. [WWW] [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/36870/Laakso\\_Kiviniemi\\_2012\\_The\\_IFC\\_Standard\\_A\\_Review\\_Of\\_History\\_Development\\_And\\_Standardization.pdf?sequence=2](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/36870/Laakso_Kiviniemi_2012_The_IFC_Standard_A_Review_Of_History_Development_And_Standardization.pdf?sequence=2) (31.05.2013)
28. Atkins & Skanska Balfour Beatty widen. [WWW] [http://images.autodesk.com/adsk/files/m25-v5\\_\(final\).pdf](http://images.autodesk.com/adsk/files/m25-v5_(final).pdf) (01.06.2013)
29. Infrastructure Cost Review: annual report 2011-12. [WWW] [http://www.hm-treasury.gov.uk/d/iuk\\_cost\\_review\\_report2012\\_230412.pdf](http://www.hm-treasury.gov.uk/d/iuk_cost_review_report2012_230412.pdf) (01.06.2013)
30. BIM on M25 Widening DBFO - Initial Upgraded Sections. [WWW] <http://www.ice.org.uk/topics/BIM/Case-studies/BIM-on-M25-widening> (01.06.2013)

31. Colorado Springs Metro Interstate Expansion (COSMIX). [WWW]  
<http://www.ice.org.uk/topics/BIM/Case-studies/Colorado-Springs-Metro-Interstate-Expansion> (01.06.2013)
32. Stockholm bypass. [WWW] <http://www.ice.org.uk/topics/BIM/Case-studies/Stockholm-bypass> (01.06.2013)
33. Industrial strategy: government and industry in partnership [WWW]  
[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf) (06.06.2013)
34. Mortenson Highlights BIM for Road Construction and Infrastructure Project. [WWW]  
<http://www.bestpracticesconstructionlaw.com/tags/bim/> (07.06.2013)
35. NationalBIM Standard-United States™Version 2. [WWW]  
[http://www.nationalbimstandard.org/nbims-us-v2/pdf/NBIMS-US2\\_c5.2.pdf](http://www.nationalbimstandard.org/nbims-us-v2/pdf/NBIMS-US2_c5.2.pdf) (07.06.2013)
36. Q&A with Mike DeLacey: BIM and the Rebuilding of U.S. Infrastructure. [WWW]  
<http://www.cadalyst.com/collaboration/building-information-modeling/qampa-with-mike-delacey-bim-and-rebuilding-us-infrastruc> (07.06.2013)
37. Mosaicprojects. The 4th Dimension of BIM. [WWW]  
[http://www.mosaicprojects.com.au/WhitePapers/WP1082\\_BIM\\_Levels.pdf](http://www.mosaicprojects.com.au/WhitePapers/WP1082_BIM_Levels.pdf) (17.06.2013)
38. Liias, R; Witt, E; Alt, A; Pikas, E; Saidla, S.(2013) Parameetriliste tootekataloogide põhimõtete väljatöötamine ning parameetrilise tootekataloogide keskkonna loomise alternatiivide väljatöötamine. Uuringu esimese etapi aruanne. TTÜ Ehitustootluse instituut