



**TAL
TECH**

SISSEJUHATUS BIMi (HOONED+INFRA)

Raido Puust, *MSc, PhD*
raido.puust@taltech.ee

ÜLEVAADE

- Terminoloogia
- BIM printsiibid
- BIM vs CAD
- BIM vs traditsiooniline projekti teostus
- BIMi kasutuseesmärgid
- BIMi eeldatav kasu erinevatele projektis osalistele
- Olulisemad lähituleviku trendid

BIM ?

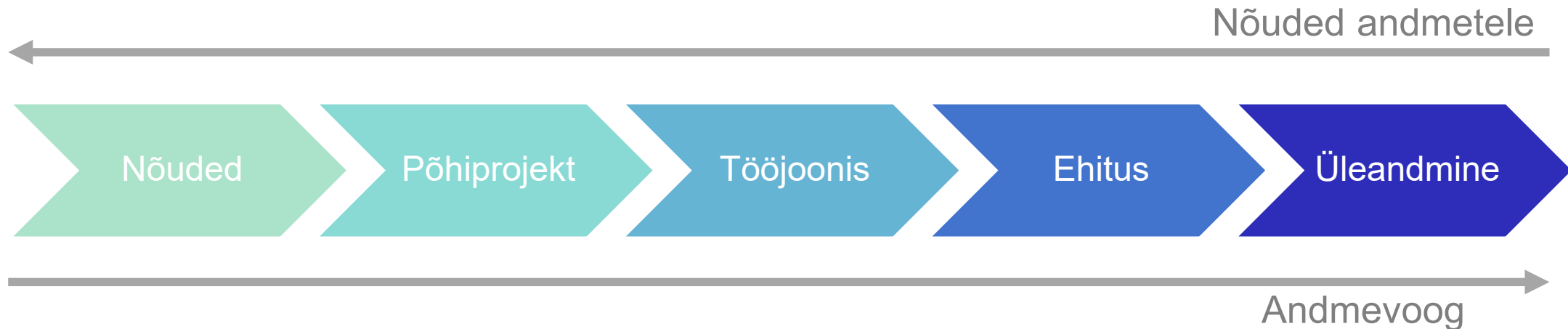
- **BIM** (*building information modelling*) – ehitusinfo modellerimine
- **BIM** – kaasab nii 2D, 3D infot, mis on intelligentne ning omavahel seotud
- **BIM** – kaasab **kogu ehitise elukaart**: planeeringust – projekt. – ehitamist – korrashoid – lammutamist

BIM ≠ 3D

BIM ≠ tarkvara

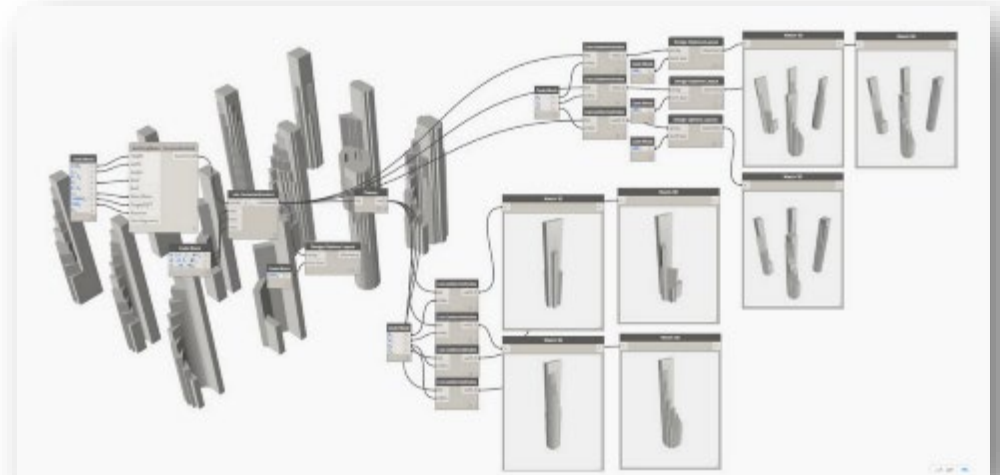
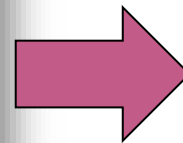
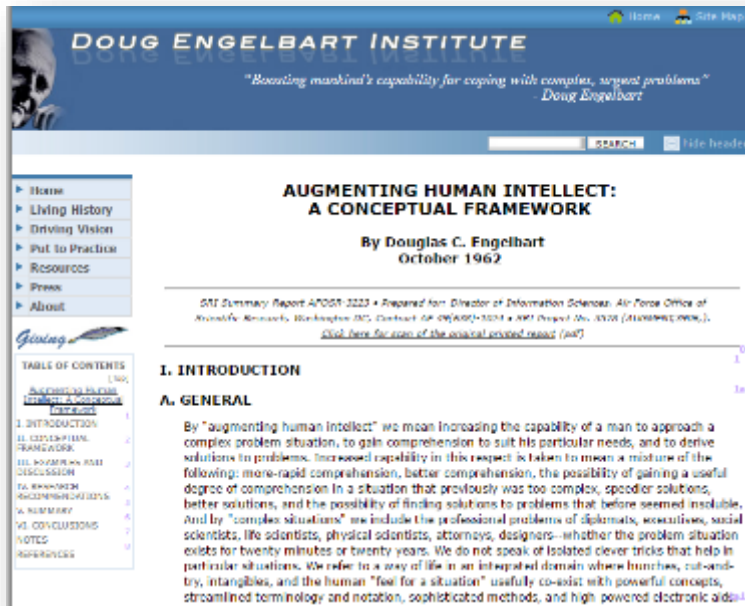
MIS ON BIM ?

- **Intelligentne**, mudelil põhinev protsess, mis võimaldab täpsemat, ligipääsetavamast ning tegevustele suunatud ülevaadet kogu ehitise- ning infrastruktuuri projekti elukaarest
- Hanke võitmise korral oleme ennekõike huvitatud jääda kasumisse, mis tähendab, et oluliseks saab ressursside optimaalne kasutus
- Ehkki BIMi võib defineerida mitmeti, siis selle põhiolemust on teadvustatud väga erineval tasemel ja mis seal salata, võetud seda ka kui "BIM = tarkvara"
- **BIMi kolm tähendust:** (a) BIM kui **protsess** (tegusõna); (b) BIM kui **infomudel** (nimisõna); (c) **ehitusinformatsiooni haldamine**

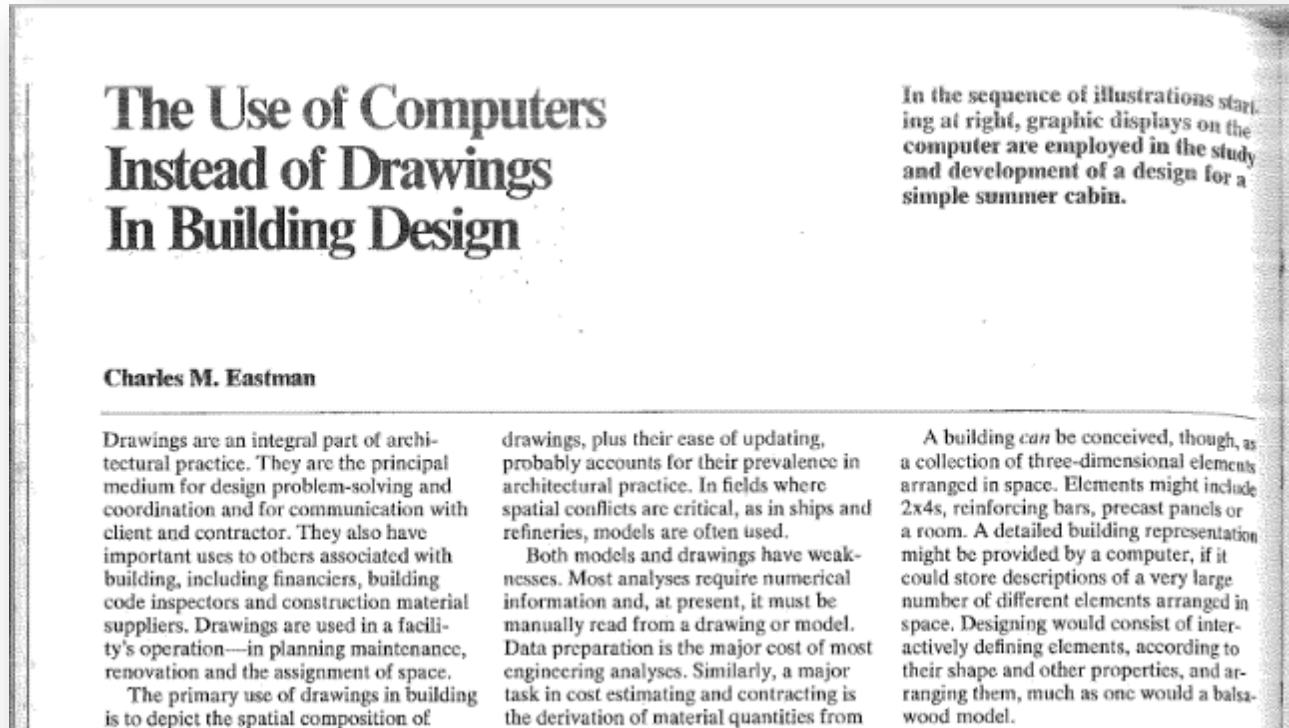


TERMINOLOOGIA

Võib tulla üllatusena, aga BIM ei ole midagi uut ja verivärsket. Esmakordselt on seda mainitud 1962, kui Douglas Engelbart avaldas artikli "[Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework](#)", mis kirjeldas arhitekti sisestamas spetsifikatsioone ning andmeid ehitise projekti ning vaadates, kuidas seeläbi konstruktsioon võtab kuju – kontseptsioon, mida tänasel päeval saab suuresti võrdsustada parameetrilise modelleerimisega.



TERMINOLOOGIA

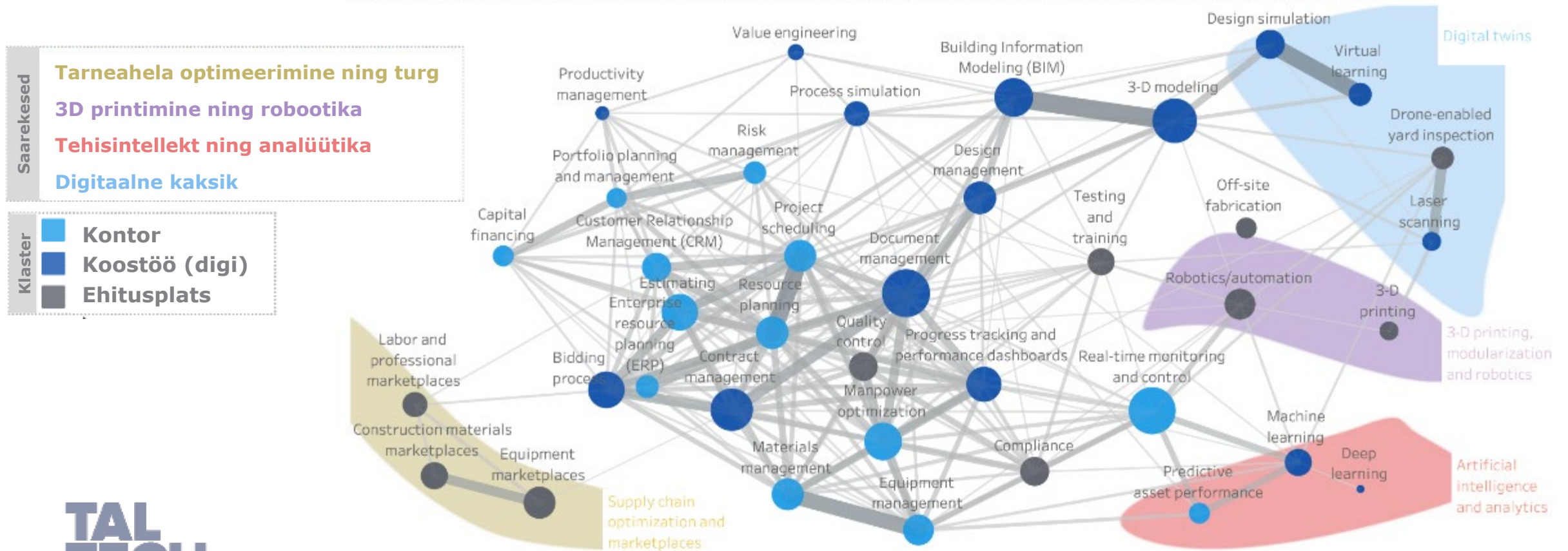


Chuck M. Eastman, 1975

- Esmakordne BIM mõiste käsitus
- Ehkki algselt oli tegemist pigem toote keskse käsitlusega ning mitte protsessi --
- Protsessi keskne esmamainimine - 1986

GLBAALSED TRENDID (TÄHTKUJUD)

McKinsey analüüsis ehitussektorit selle tehnoloogia kasutamise aspektist, et leida omavahelisi trende ning seoseid. Jämedamad jooned näitavad, et neid tehnoloogiaid kasutatakse samaaegselt.



MIKS BIM?

- Ehitussektor on maailma üks suuremaid tootmisvaldkondi. Samas on see kõige vähem automatiseeritud!
- Infrastruktuuri näitel, üha kasvav populatsioon ja nõudlus parema infrastruktuuri järele on tekitanud dilemma, milles piiratud ressursside taustal oodatakse infrastruktuuri kui taristu pidevat arengut/täiustumist



Allikas: United Nations Department of Economic and Social Affairs, July 2015 report

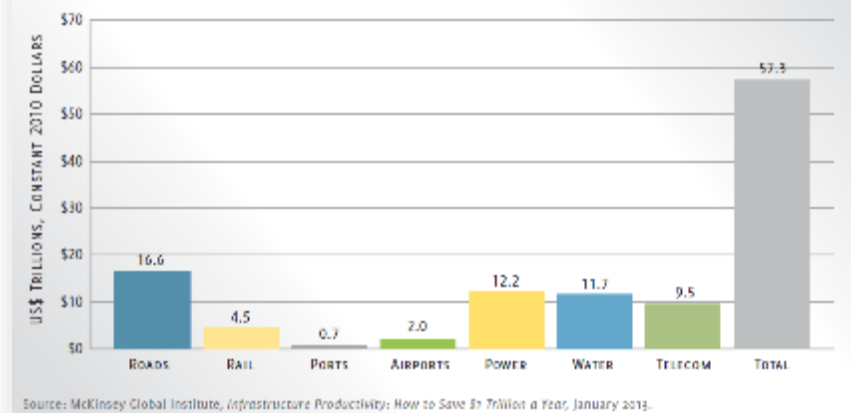
MIKS BIM?

- Infrasektori finantseerimise eeldatav puudujääk (aastaks 2030)



Allikas: Standard & Poors analysis using 2010 US\$ base value.

Global Infrastructure Demand Requires \$57 Trillion in Investment by 2030
Based on projections of demand equaling 3.5 percent of global GDP, 2013-2030



MIKS BIM ?

- Ehitussektoril on täita oluline roll maailma majanduses, kuid see on väga pikalt toiminud kehva produktiivsusega
- Ehitussektori produktiivsus on madal ja paljudes riikides on väheneva trendiga!
- Samas kui üldine majandus ning tootmine kasvavad



Allikas: Reinventing construction - a route to higher productivity (McKinsey&Company, 2017)

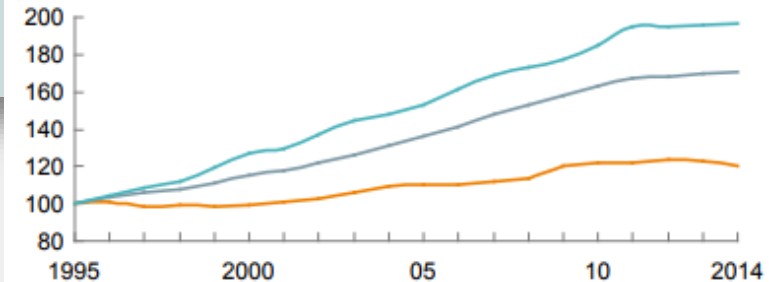
Globally, labor-productivity growth lags behind that of manufacturing and the total economy

Global productivity growth trends¹

Construction Total economy Manufacturing

Real gross value added per hour worked by persons engaged, 2005 \$

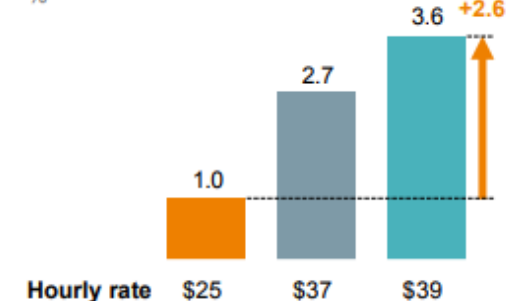
Index: 100 = 1995



¹ Based on a sample of 41 countries that generate 96% of global GDP.

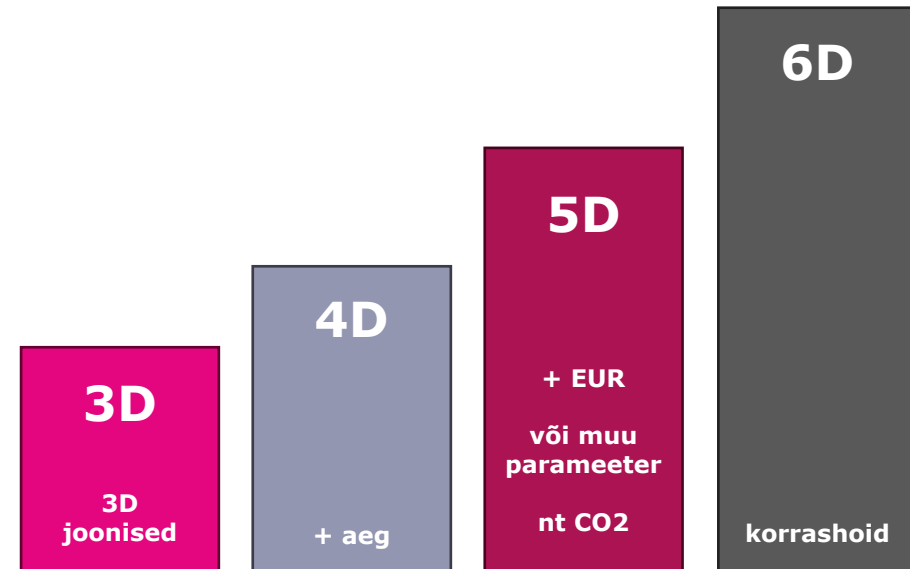
Compound annual growth rate, 1995–2014

%



BIM KUI INFOMUDEL

- 3D = 3D intelligentne mudel
- 4D = 3D + aeg
- 5D = 3D + aeg + maksumus (vm parameeter)
- 6D = 5D + ehitise korrashoid = "as-built" + "as-maintained"
(teostusmudel korrashoius)

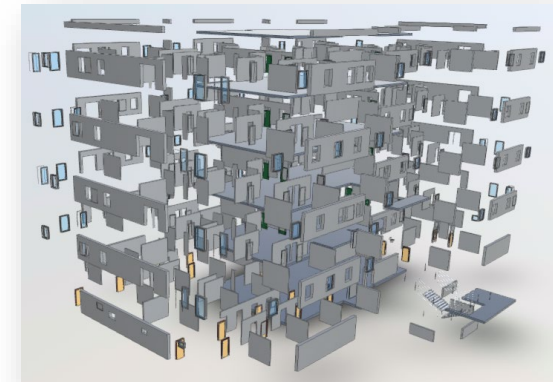
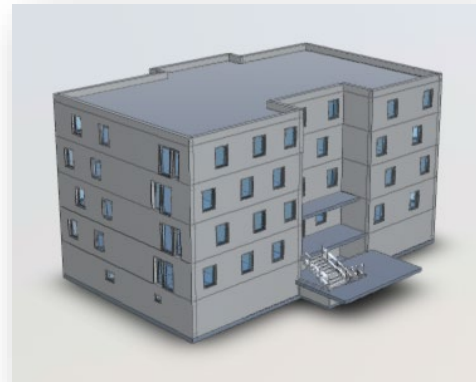


BIM PÕHIPRINTSIIBID

- Parameetrilised, intelligentsed elemendid
- Tahkkehade kasutamine
- Üks andmebaas
- Mudelpõhised simulatsioonid/analüüsid:
 - Sõiduteed: profiili optimeerimine, truupide paigutus;
 - Ehitised: konstruktsiooni-, energiatõhususe-, päikese valguse-, varju analüüs;
 - Üldised: mudelpõhine eelarvestamine, vastuolude kontroll jm
- Koostööle suunatud (projektimeeskond)

BIM PÕHIPRINTSIIBID

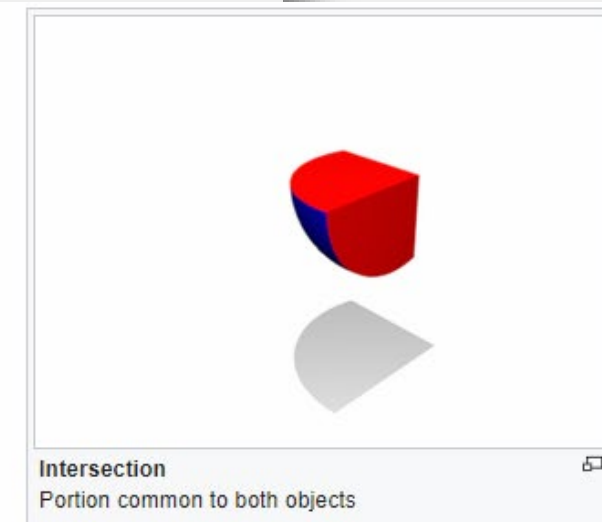
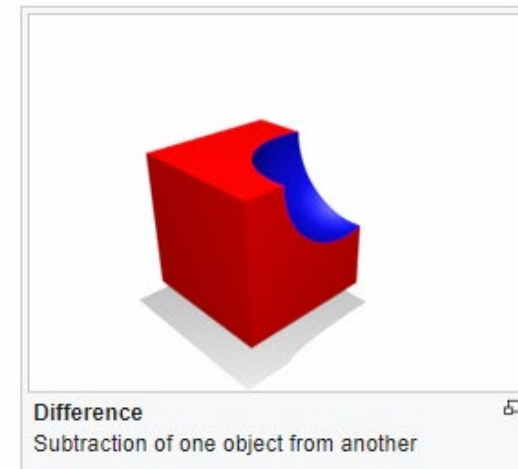
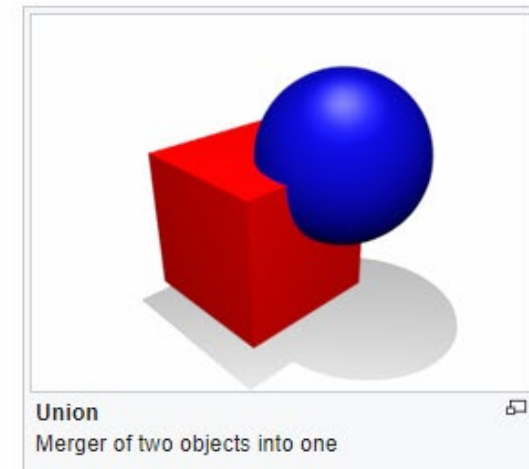
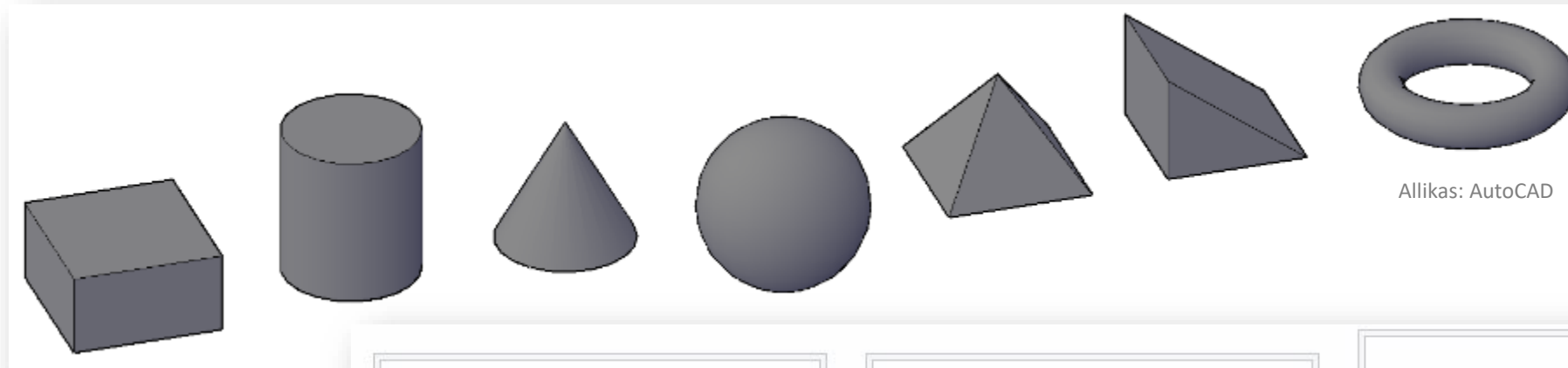
- Ehituselementidest lähtuv lähenemisviis:
 - Parameetriselt defineeritud geometria, intelligents, omadused/atribuudid ning võimalus infot kuvada vastavalt vajadusele
 - Arvutigraafilised meetodid:
 - [Constructive solid geometry](#)
 - [Boundary representation](#)
 - [Extrusions](#)
 - Arvutigraafika standardid:
 - [ACIS](#)
 - [OpenGL](#)



Allikas: Autodesk Revit

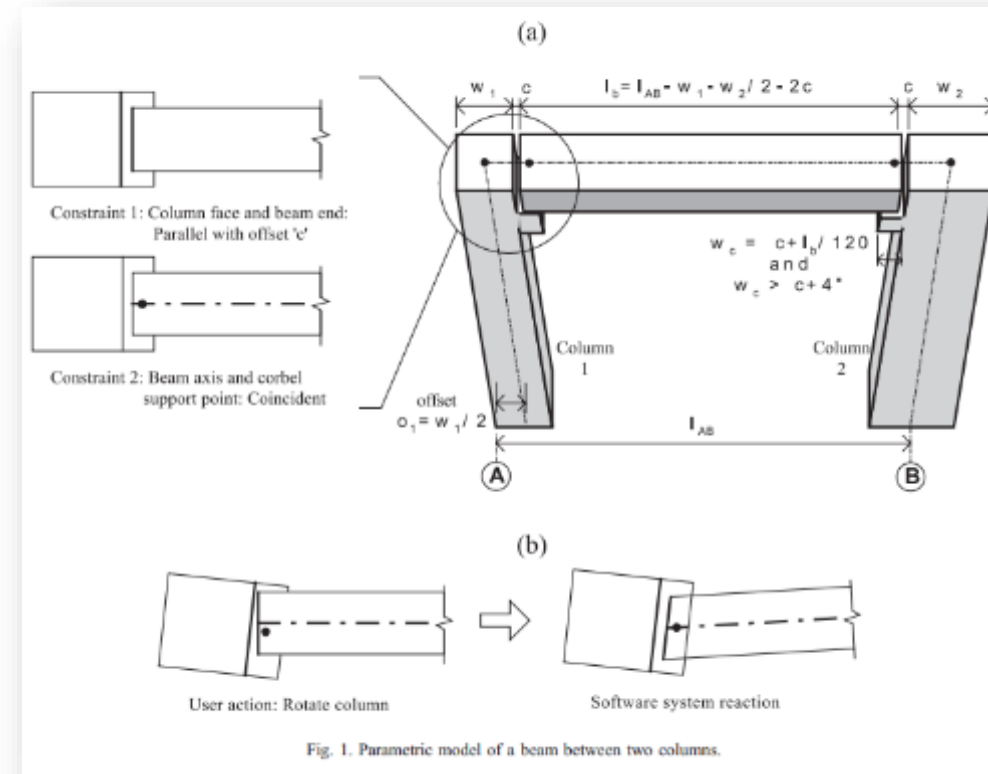
BIM PÕHIPRINTSIIBID

- Mahuelemendid ning Boolean operatsioonid:



BIM PÕHIPRINTSIIBID

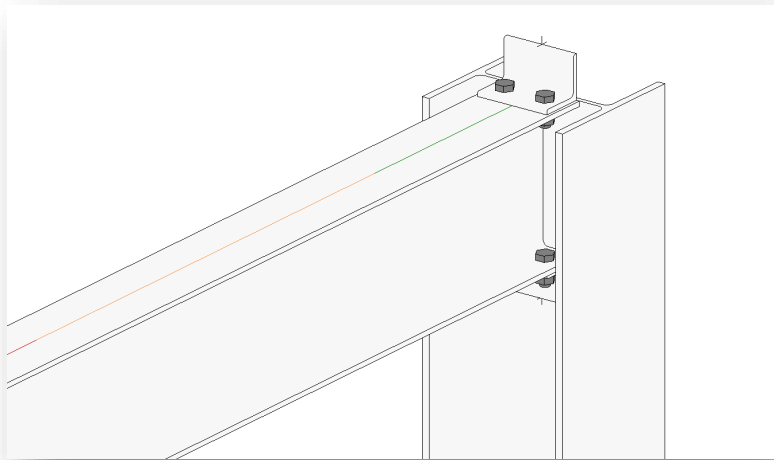
- Intelligents ehk elemendi funktsioonid (parameetiline kitsendus):



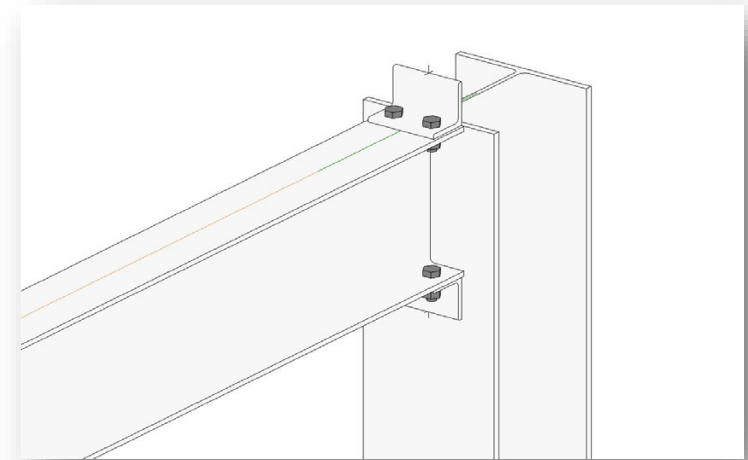
Allikas: Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete, Automation in Construction (Sacks, R., Eastman, C.M., and Lee, G., 2004)

BIM PÕHIPRINTSIIBID

- Intelligents ehk elemendi funktsioonid (elementide omavaheline suhtlus):



Posti pööramine,
tala lühenemine



Allikas: Autodesk Revit

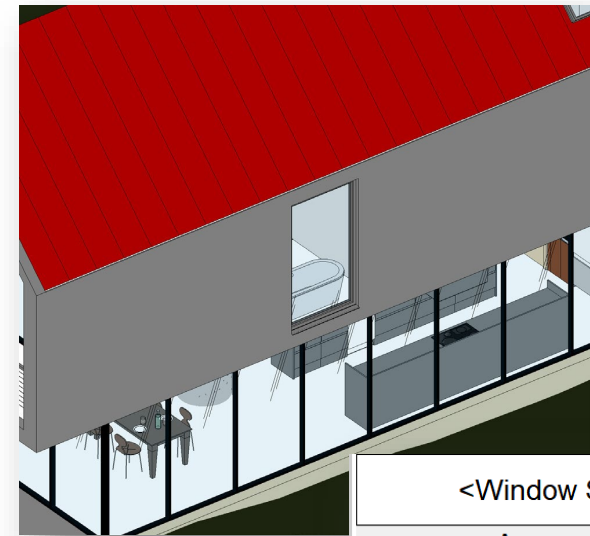
BIM PÕHIPRINTSIIBID

- Elementide teadlikkus (sõltuvus teistest, enda kohta "teadmine"):



<Window Schedule>	
A	B
Family and Type	Count
M_Skylight: 1180 x 2	
Single Window: Sta 15	

Akna eemaldamine
kustutab ava seinas ning
spetsifikatsioonis
korrigeeritakse mahtusid.
Muutub eelarve.



Allikas: Autodesk Revit

<Window Schedule>	
A	B
Family and Type	Count
M_Skylight: 1180 x 1170mm	2
Single Window: Standard	13

BIM PÕHIPRINTSIIBID

- Elemendil (materjalil) on füüsikalised ning termilised parameetrid:

The image shows two overlapping windows from Autodesk Revit. The 'Edit Assembly' window on the left shows the configuration for a 'Basic Wall'. It includes a table of layers with the following data:

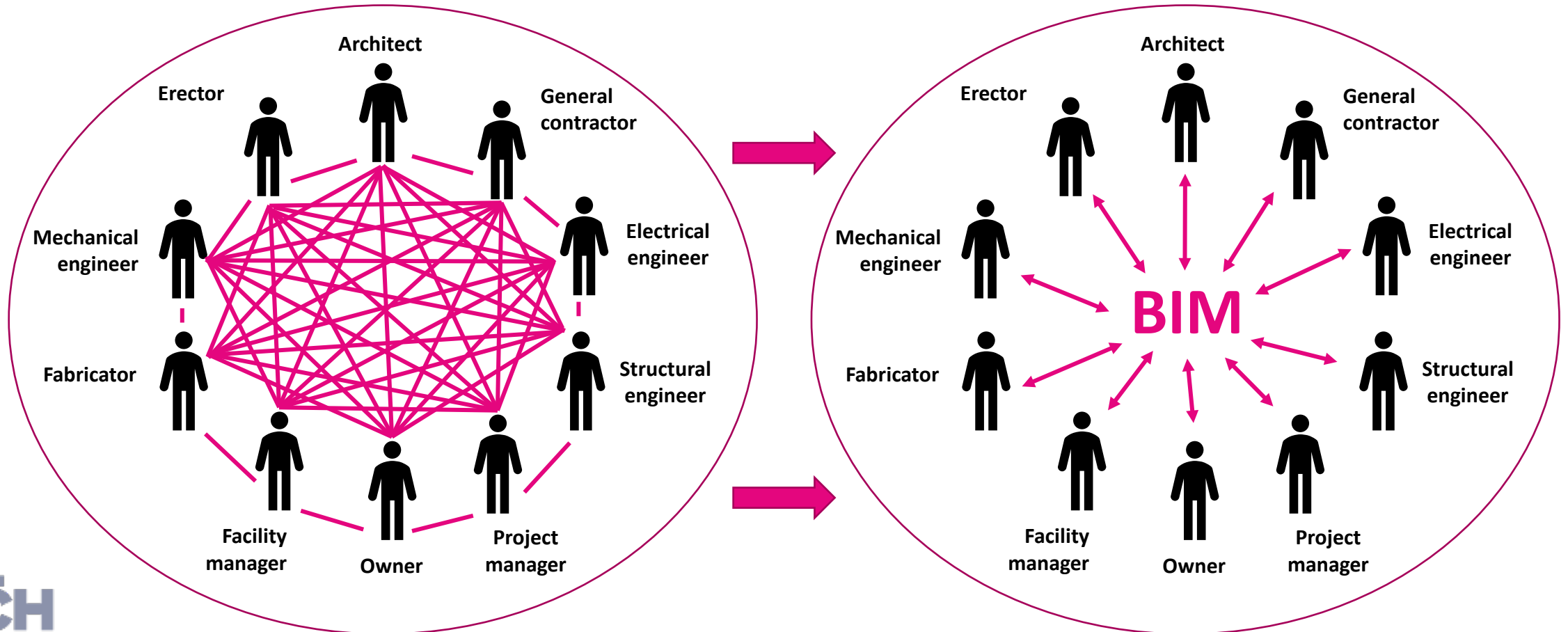
Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
Core Boundary	Layers Above Wra 0.0			
Structure (1)	Weber Fibro 3	200.0		<input checked="" type="checkbox"/>
Core Boundary	Layers Below Wra 0.0			

The 'Material Browser - Weber Fibro 3' window on the right shows the material's properties. The 'Basic Thermal' section lists a Thermal Expansion Coefficient of 0.00001 inv °C. The 'Mechanical' section lists Behavior as isotropic, Young's Modulus as 23 250.0 MPa, Poisson's Ratio as 0.17, Shear Modulus as 9 961.0 MPa, and Density as 700.00 kg/m³.

Allikas: Autodesk Revit

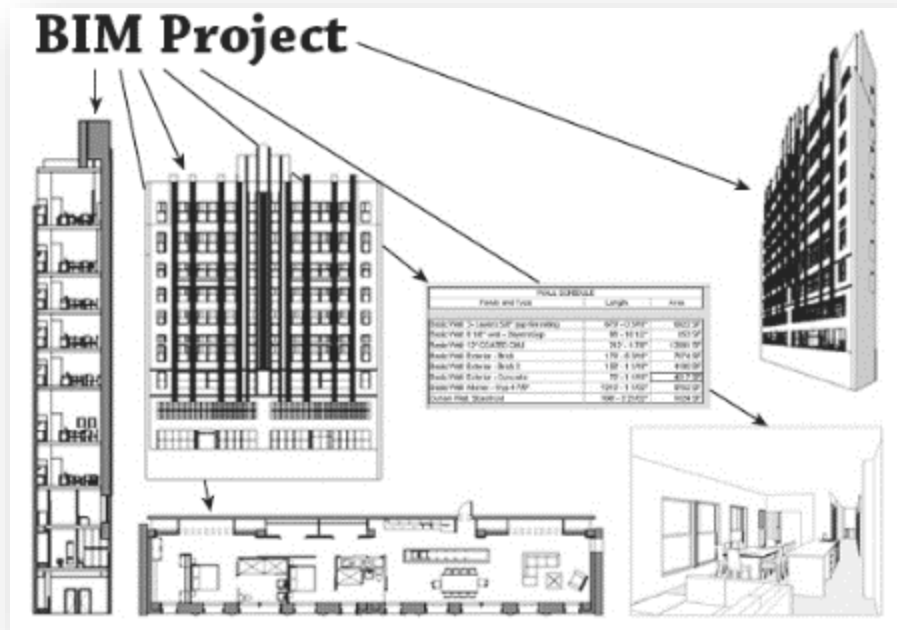
BIM PÕHIPRINTSIIBID

- Projekti osaliste suhtlus, traditsiooniline vs BIM:

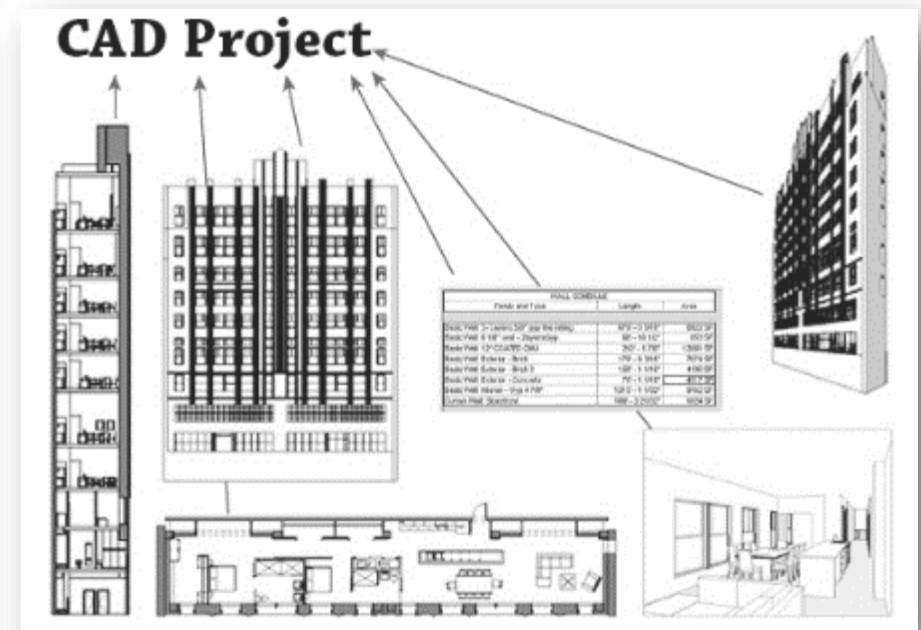


BIM VS CAD

- Projekti dokumentatsioon/mudel:



Projekt ---> 3D mudel --->
---> väljavõtted (vaated, plaanid, spetsid jne)



Vaated, plaanid, spetsid ---> projekt

Allikas: Mastering Autodesk Revit Architecture 2014 (Vandezand, J., Krygiel, E., Read, P., 2013)

TRADITSIOONILINE TÖÖPROTSESS



- Mitteühilduvad andmeallikad

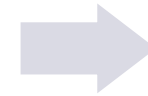


- Staatile, 2D projekti vaated



- Üks kasutaja, isoleeritult töötamine

Allikas: Autodesk



Traditsiooniline tööprotsess on keskendunud lõpp-tulemusele ehk projektdokumentatsiooni (2D) koostamisele.



Eskiisi (eelprojekti) analüüs pole võimalik või toimub see liiga hilja



Projekti optimeerimine pole võimalik



Muudatustele reageerimine väga aeganõudev

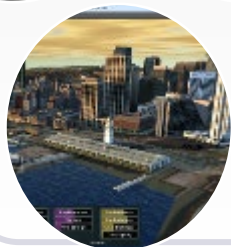
BIM EELISED



- Infoküllane 3D mudel

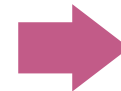


- Kontekstis töötamine



- Koostöö ja suhtlus

Allikas: Autodesk



Säilita kooskõlas olevat andmestiku üle terve elutsükli

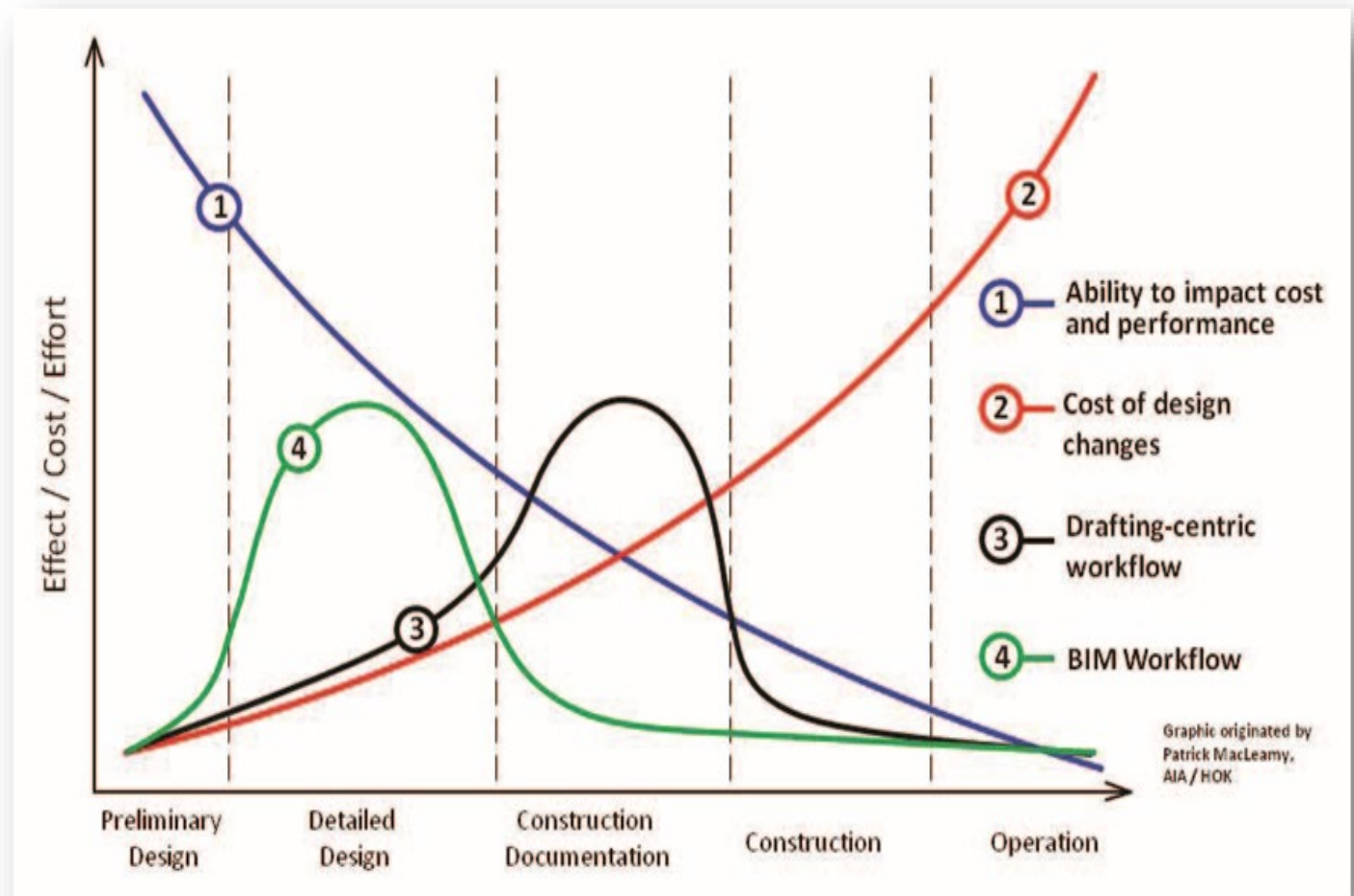
Saa aru võimalikest mõjufaktoritest

Kohandu kiirelt muudatustega

Saa osa suuremast suhtlusringist

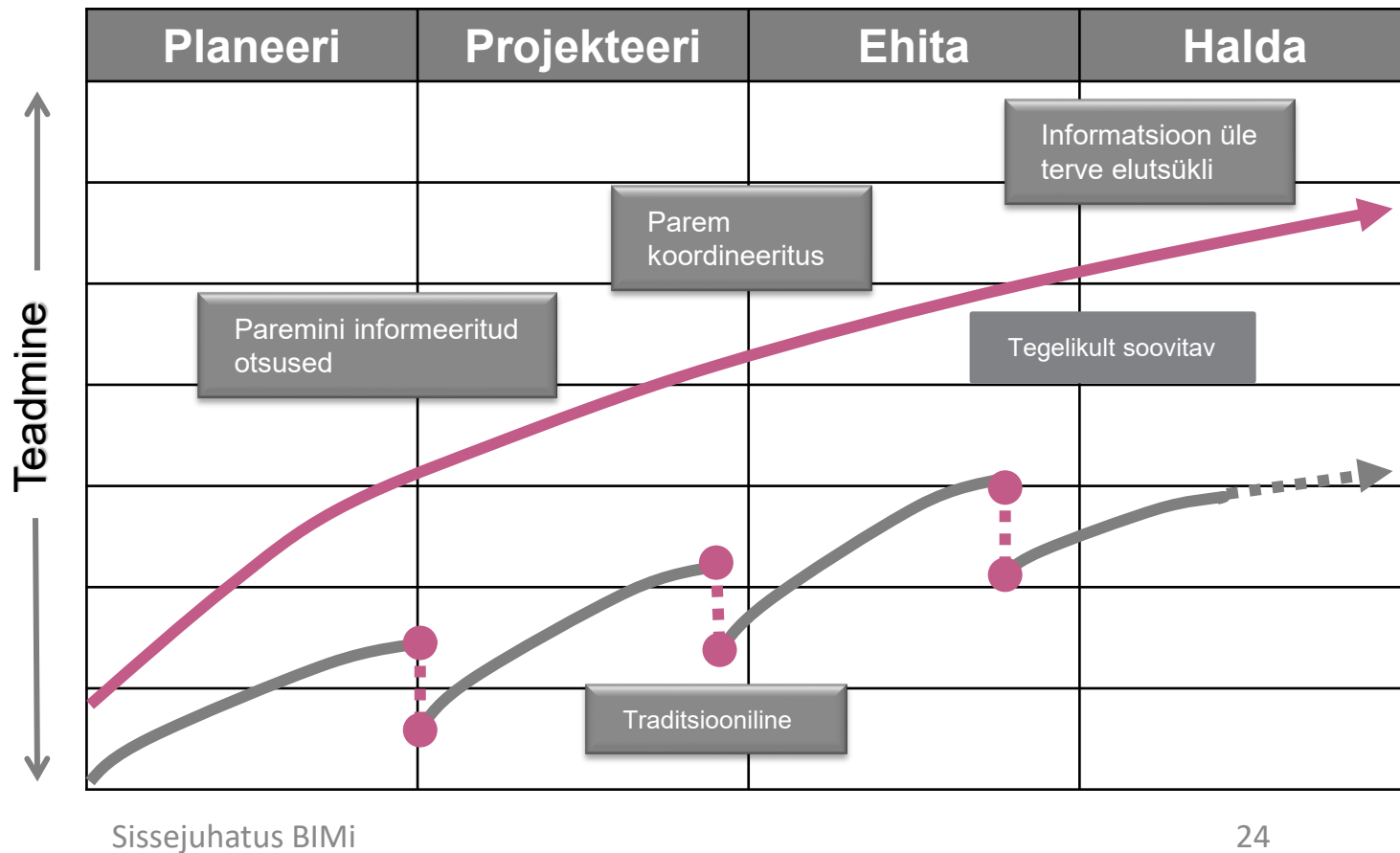
BIM EELISED MAKSUMUSE MÕJUTAMISES

BIM võimaldab projekti maksumust mõjutada hetkel kui tehtavad muudatused on väikesed (väiksema mõjususega).



FUNDAMENTAALNE MUUTUS PROJEKTI ELUTSÜKLIS

- Traditsioonilise töömeetodi seljatamiseks on vaja fundamentaalset muudatust projekti elluviimise protsessis:

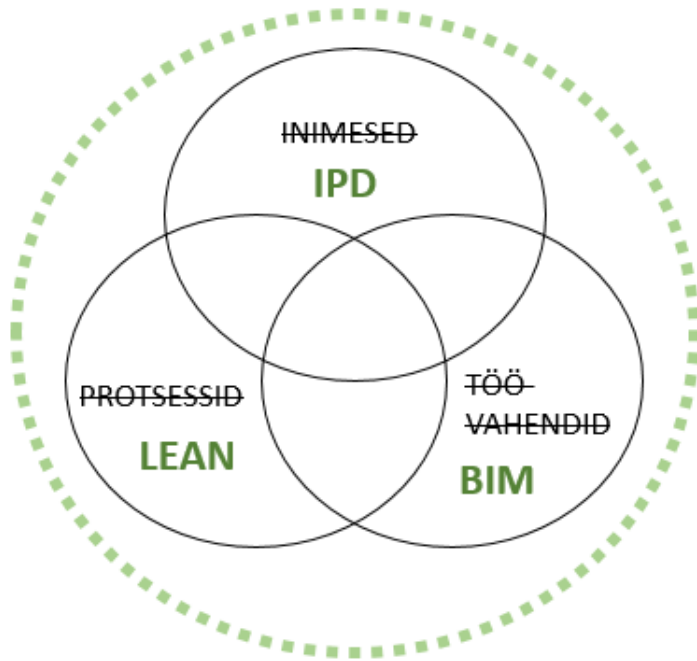


MIS ON LAHENDUS ?

- Fundamentaalne muutus on vajalik, mis käsitleb tööprotsesside ümber vaatamist, et leida kitsaskohad
- Saadaval on mitmed uuemeelsed hankeprotsessid, töömeetodid ning info kui terviku käsitlemise viisid, mida saab kasutada üle terve ehitise elukaare. Ehkki neid saab üksteisest sõltumata kasutada, saab suurima efektiivsuse olukorras, kui need omavahel kombineerida.

PROTSESSIDE MUUTMINE

- Ehitusvaldkonnas saab neid komponente kirjeldada kui:



- **IPD** – *integrated project delivery* (integreeritud projekti teostus - IPT)
- **LEAN** – *lean construction* (timmitud ehitus, - protsessid)
- **BIM** – *building information modelling* (ehitusinfo modelleerimine)

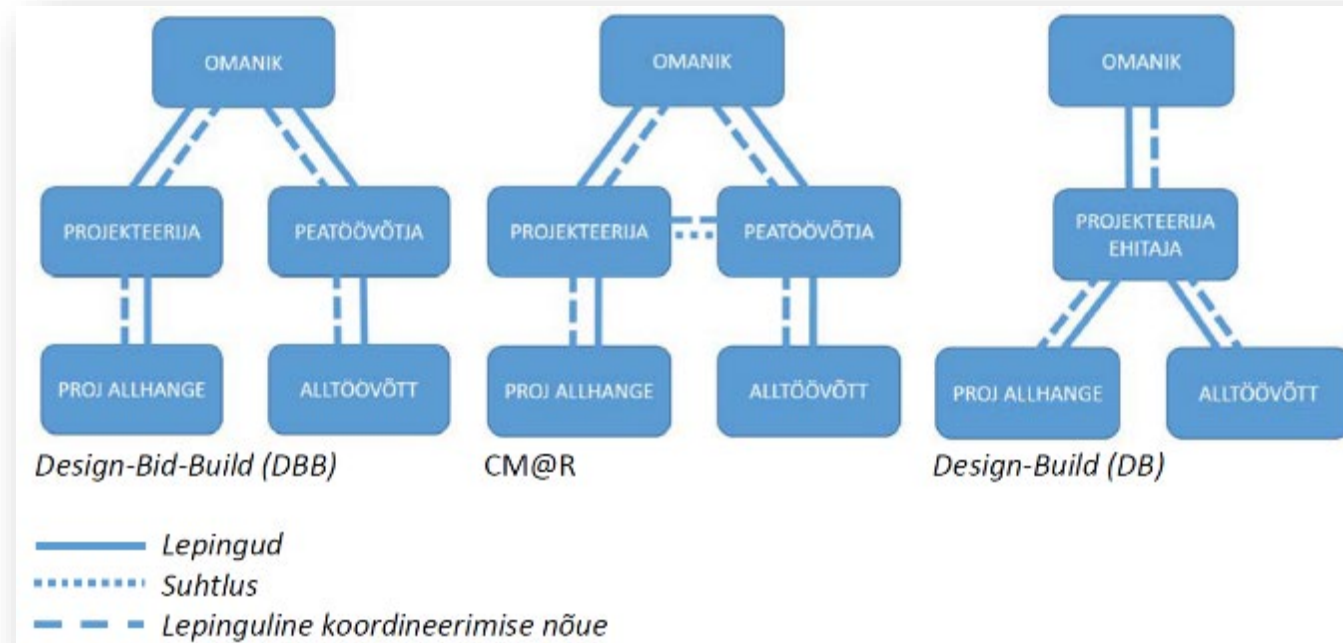
Ehkki iga üksiku nimetatud komponendi edukas kaasamine tähendab inimeste, protsesside ning töövahendite kaasamist, pole need üks ja sama asi.

LEPINGUVORMID

- Laias laastus räägime me täna lepinguvormidest nagu:
 - *Design-Bid-Build* (projekteerimishange, ehitushange)
 - *Construction Management at Risk*
 - *Design-Build* (projekteerimis-ehitustöövõtt)

Märkimisväärne hulk projekte viiakse ellu just selle lepinguvormiga

- Madalam hind
- Ehitaja valiku vabadus
- Vastutus?
- Väärtusliku info olemasolu?
- Ehitatavus?
- Topelt töö



LEPINGUVORMID

Hetke seis

- *Design-Bid-Build* (ca 80% projektidest), risk omanikule/tellijale

Puudused

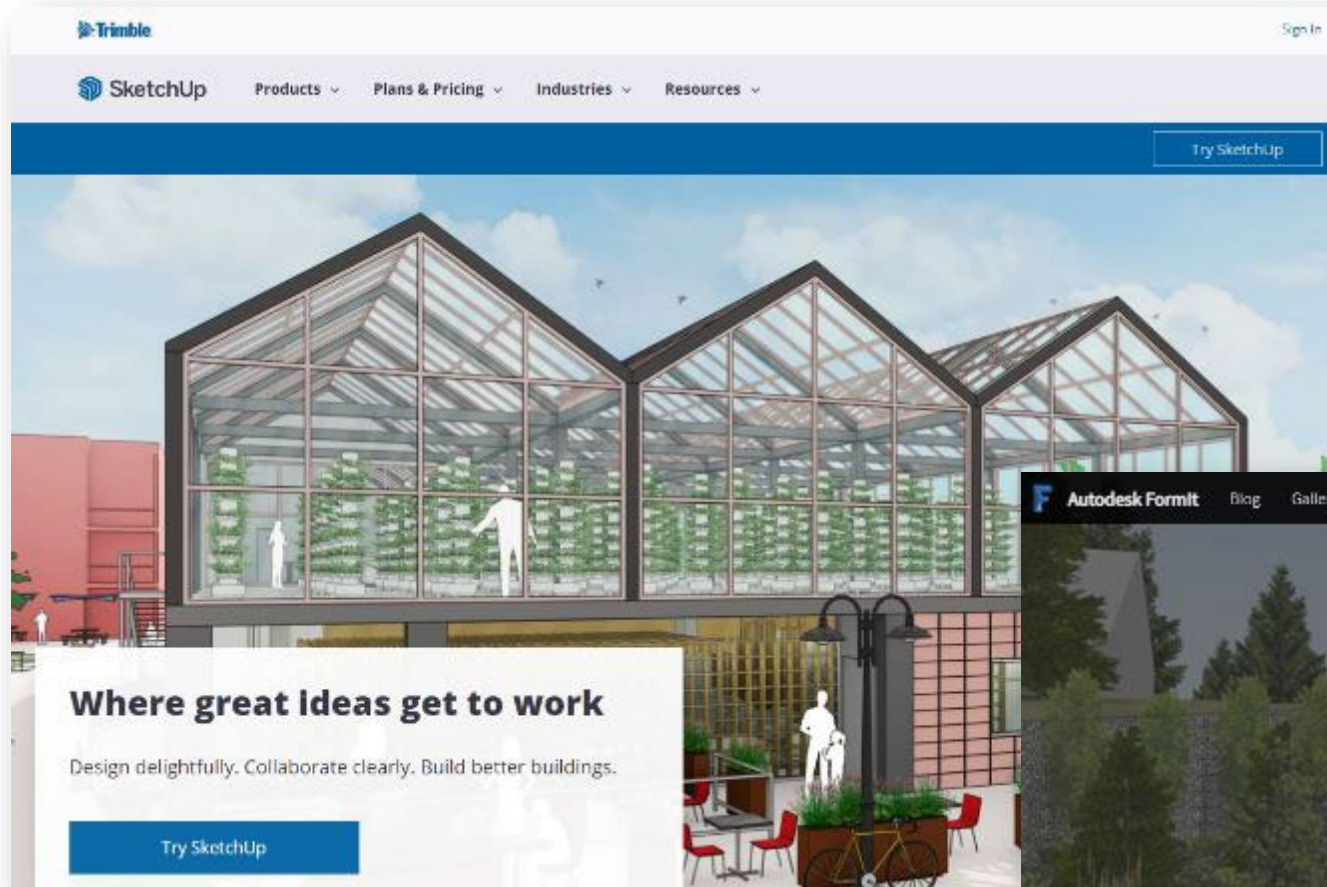
- Projekteerimise-, konsultatsiooni-, ehitamise-, haldamise ning teised tööülesanded on eraldiseisvate lepingutega (partneritega), mis pole omavahel seotud (lepinguliselt)
- Hankes kasutatakse enamjaolt vähempakkumist
- Ei võimalda erinevaid sidusrühmi kaasata projekti varajases staadiumis
- Piiratud koostöö ning infovahetus
- Parima praktika ülekandmine ning innovatsioon
- Üksiktegevuse optimeerimine, kus ei vaadata projekti tervikuna
- Tüüpiliselt jäetakse vahele eskiisprojekt ning liigutakse otse põhiprojekti staadiumisse ja sealt edasi ehitamise juurde, et kulutusi kokku hoida, mis omakorda takistab aru saamast projekti üldistest nõuetest ning eesmärkidest (vähendab projekti väärtust)

INFRA NÄIDE - INVESTEERINGUTE JAGUNEMINE

- Remont ning taastusravi – ca 70% investeringutest (endiselt vajalik planeerida-projekteerida, või kurvilisuse vähendamine)
- Probleemid liiklusvoo mahtuvuse, läbilaskega
- Probleemid turvalisusega
- Ligipääsukoridorid uutele arendustele



ESKIISPROJEKTI TARKVARA/TEENUS (HOONED)



Trimble Sign In

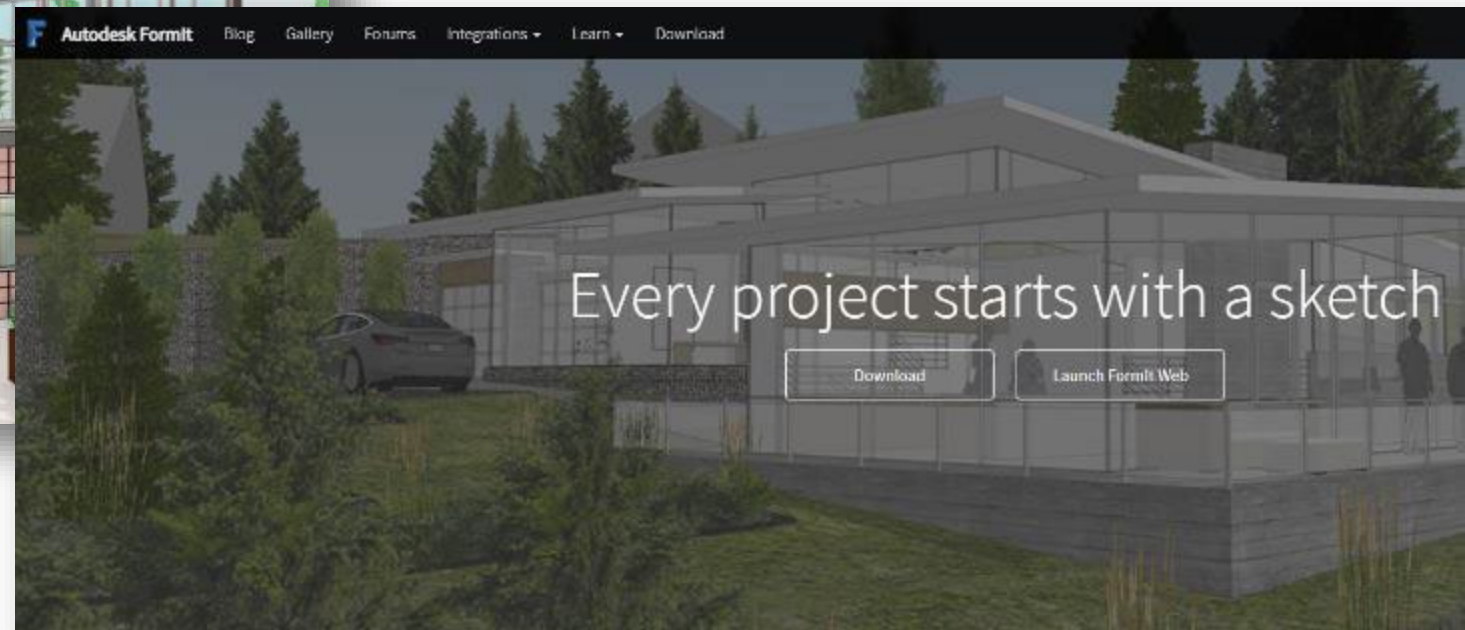
SketchUp Products Plans & Pricing Industries Resources

[Try SketchUp](#)

Where great ideas get to work

Design delightfully. Collaborate clearly. Build better buildings.

[Try SketchUp](#)

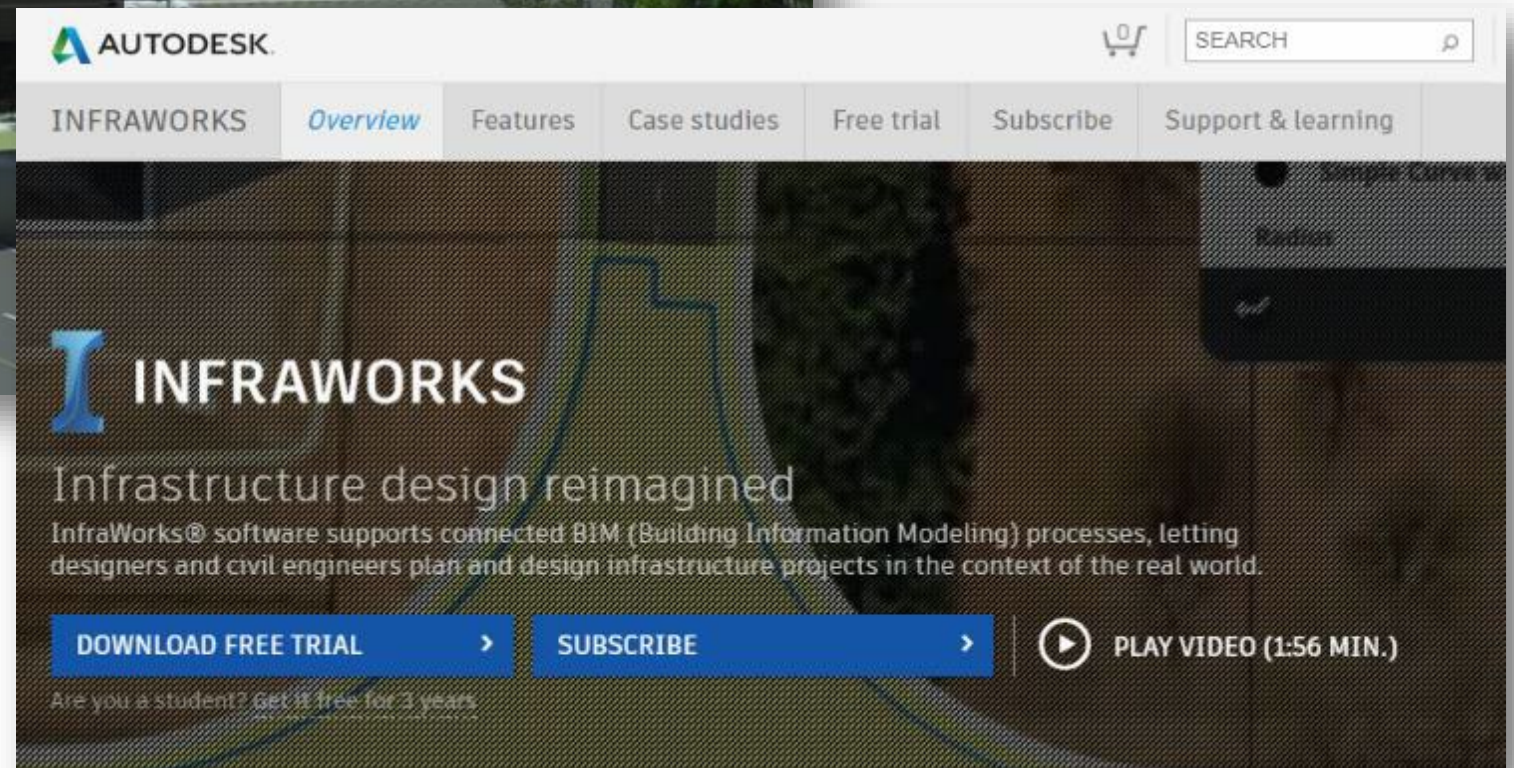
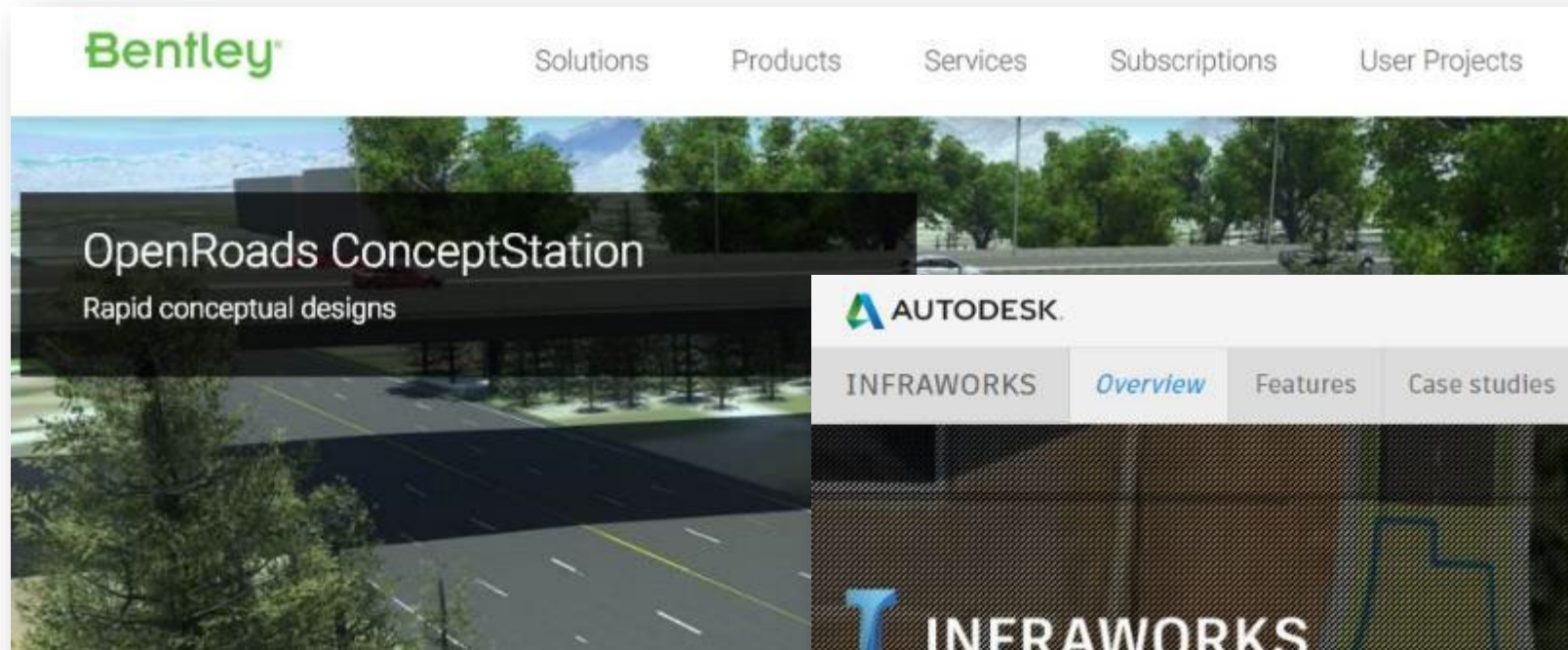


Autodesk Formit Blog Gallery Forums Integrations Learn Download

Every project starts with a sketch

[Download](#) [Launch Formit Web](#)

ESKIISPROJEKTI TARKVARA/TEENUS (INFRA)

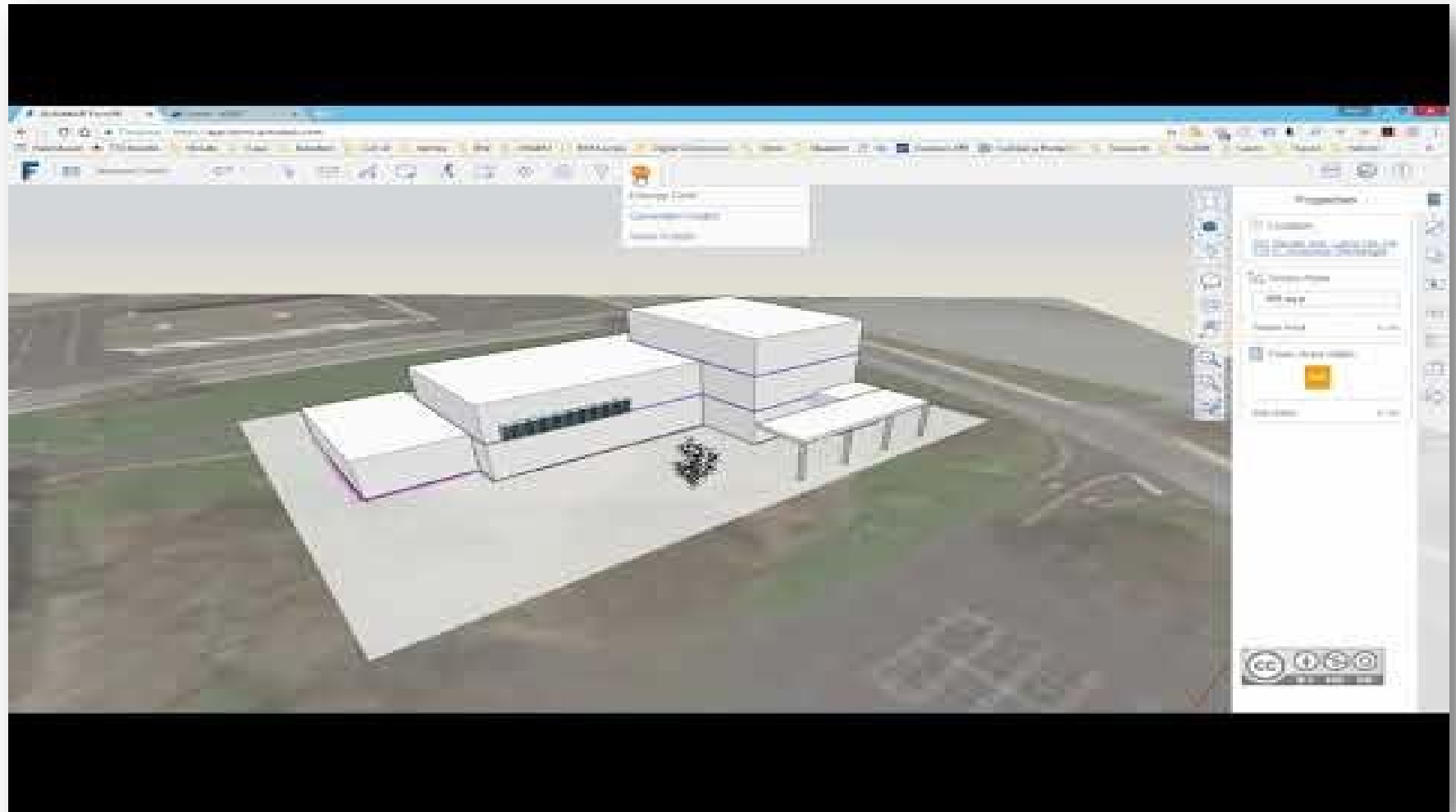


ESKIISPROJEKTI TARKVARA (HOONE SIMULATSIOONID)






Eskiismudeli näide: [Päikese valguse simulatsioon](#)

ESKIISPROJEKTI MUDELID (HOONE SIMULATSIOONID)

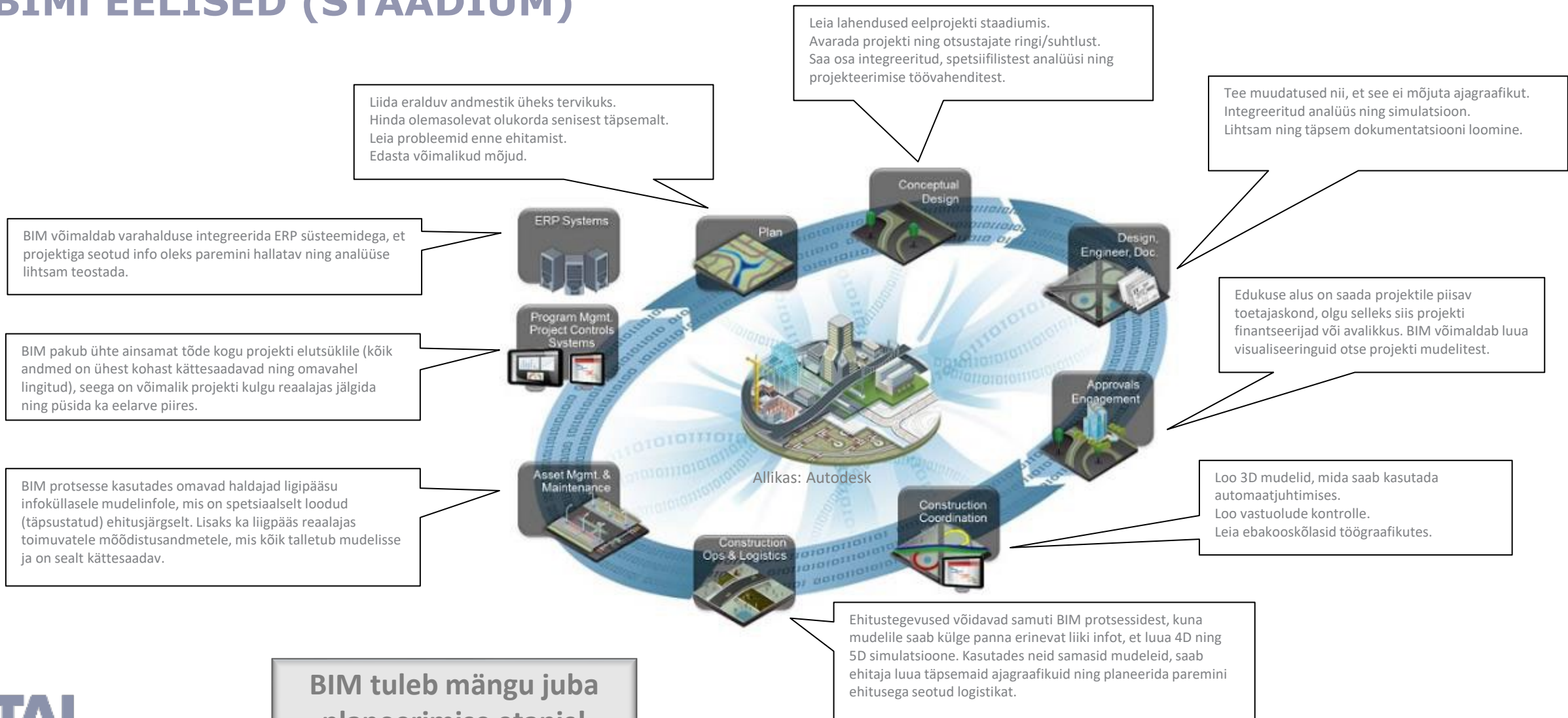


Eskiismudeli näide: [Energiasimulatsioon](#)

PÕHIPROJEKTI TARKVARA/TEENUS (INFRA)

		 AUTODESK	
Põhiplatvorm	MicroStation	AutoCAD	Novapoint
Pealisehitused (infra)	<ul style="list-style-type: none"> • OpenRoads Designer • OpenRail Designer 	<ul style="list-style-type: none"> • Map 3D • Civil 3D • Raster Design 	<ul style="list-style-type: none"> • Road* • Bridge* • Railway* <p>*vajalik AutoCAD platvorm</p>
Ruumiline planeerimine	<ul style="list-style-type: none"> • OpenRoads ConceptStation • OpenRail ConceptStation 	<ul style="list-style-type: none"> • InfraWorks 	

BIMi EELISED (STAADIUM)



BIM tuleb mängu juba planeerimise etapis!

EHITISE ELUKAAR (INFRA)

- Ehkki iga projekt on eriline, järgitakse kindlaid põhireegleid

Planeerimine

- **Maa-ala:** kohalik, regionaalne, riiklik
- **Aeg:** hetkeline, perspektiiviga
- **Mõju:** üksikud, kogukonnad
- **Finants:** kui palju? mis allikatest?

Projekteerimine

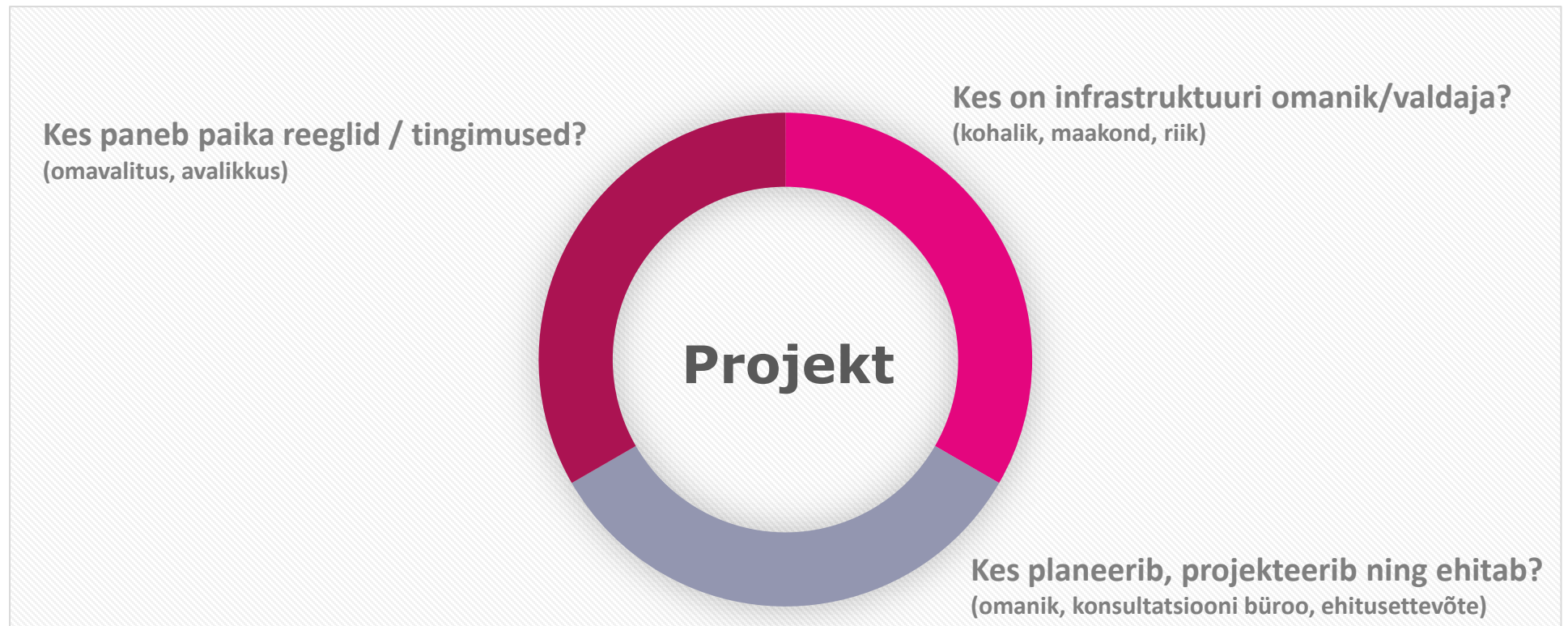
- **Eskiis:** sõiduradade arv, liikluskorraldusvahendid, telgjoon, ...
- **Projekt:** ehitusjoonised, sõlmed
- **Eelarvestus:** materjalide mahud, tööjõu ressurss
- **Ajaplaan:** ehituse järjekord
- **Kooskõlastused:** maa kokkuost

Ehitamine

- **Kooskõlastused:** maa kokkuostude lõpetamine
- **Hange:** ehitaja valik
- **Ehitamine:** ehitus / taastus
- **Projekti juhtimine:** tööprogressi järgimine, maksed...

EHITISE ELUKAAR (INFRA)

- Kohalik omavalitsus (eraomanikud), omanik vastutab tihtipeale projekteerimise/ehitamise eest (USA), projekt võidakse vastuseisude tõttu panna kalevi alla.



EHITISE ELUKAAR (INFRA) - MÕJUTAJAD

Professionaalne sisend

- Insenerid
- Maastiku arhitektid
- Linnaplaneerijad
- Reguleerijad
- Keskkonnaspetsialistid
- Arheoloogid
- Ajaloolased

Planeerimine

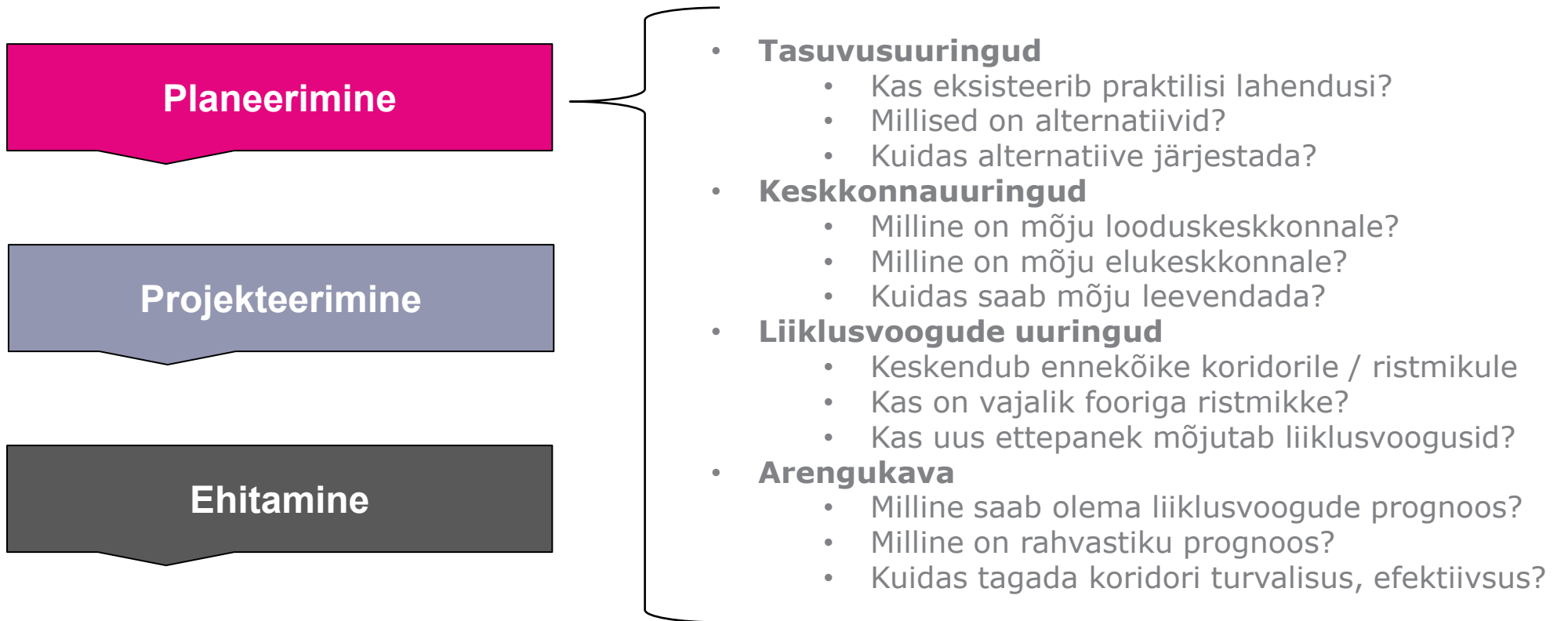
Projekteerimine

Ehitamine

Avalik sisend

- Huvigrupid
- Avalikud koosolekutel osalejad

EHITISE ELUKAAR (INFRA) - PLANEERINGUD



EHITISE ELUKAAR (INFRA) – PLANEERINGUD/VÄLJAKUTSED

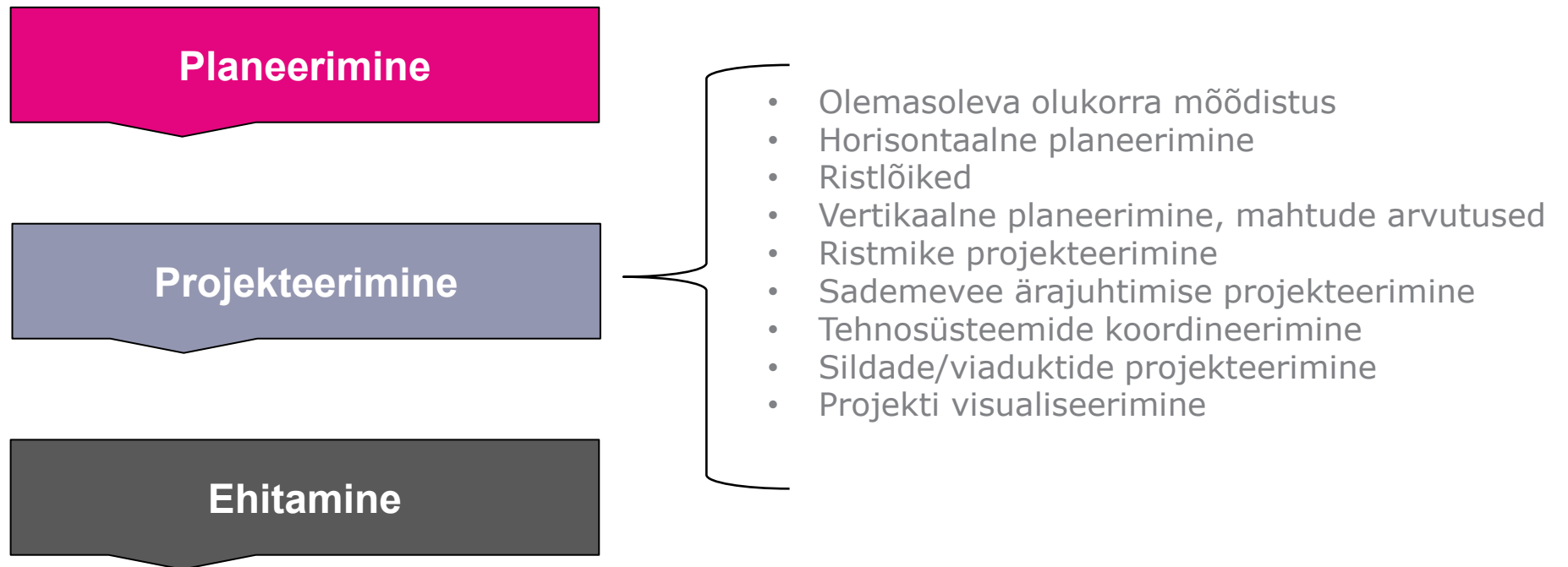
Väljakutsed:

- Andmehulk on tohutu, kuid nende organiseerimine keerukas
- Vajalik kaasata ekspertgrupe, et saadaolevas infos orienteeruda
- Eelprojekti mudel on tihtipeale eraldiseisev põhiprojekti mudelist. Protsessid on seetõttu dubleeritud, mis raiskab aega ning nihutab projekti ajagraafikuid
- Visualiseeringute loomine, millest kõik üheselt aru saavad, on ajakulukas ning pole projekti hetkeolukorraga (staadiumiga) seotud

Lahendused:

- Projektinfo lihtne ühildamine georuumilise infoga
- Integreeri omavahel andmestik, mis pärineb erinevatest koordinaatsüsteemidest, et kaasata kogu kättesaadav info
- Loo infrastruktuuri mudeleid, mis esitlevad olemasolevat ning väljaehitatavat olukorda.
- Võrdle erinevaid eelprojekti lahendusi ühes mudelis
- Edasta projekti idee senisest efektiivsemalt
- Muuda andmestikku interaktiivselt
- Liigu erinevate projekti staadiumite vahel kiirelt ning lihtsalt.
- Loo ilupilte ning animatsioone

EHITISE ELUKAAR (INFRA) – PROJEKTEERIMISE OSAMUDELID



EHITISE ELUKAAR (INFRA) – PROJEKTEERIMISE ETAPI VÄLJAKUTSED

Väljakutsed:

- Tee ehitusprojekt muutub pidevalt
- Isegi kõige väiksem projekti muudatus võib omada väga olulist mõju projekti ajagraafikule
- Projekti visuaali pole mõtet luua, kuna projekt muutub pidevalt
- Ristmiku projekteerimine 3D-s on ajamahukas
- Projekteerimisstandardid on igal pool erinevad
- Sõidutee projekt kaasab tihtipeale ka sademete ärajuhtimise süsteemi projekteerimist
- Sillainsener ei suhtle piisavalt teedeinseneriga, et tagada veavaba projekt
- Ehitustegevuste korrektne järjestus on kriitilise tähtsusega ja peab olema optimeeritud enne ehitustegevusi
- Tööjooniste loomine/edastamine on üks ajamahukamaid tegevusi, veaohklikemaid tegevusi mistahes infrastruktuuri projektis
- Mahtude väljavõtted on käsitöö, ajakulukas ning vigade rohke
- Projekti meeskond on hajutatud, kuid nad peavad olema suutelised kommunikeerima mistahes projekti muudatust võimalikult efektiivselt ning õigeaegselt

EHITISE ELUKAAR (INFRA) – PROJEKTEERIMISE ETAPI LAHENDUSED

Lahendused:

- BIM põhimõtete rakendamine aitab luua seoseid erinevate projekti elementide vahel nii, et ühe muutudes, sellega seotud objektid muutuvad automaatselt
- Projekti visuaal on dünaamiline ning seotud projekti hetke olukorraga
- Ristmiku objekt on sama dünaamiline kui ka sõidutee lõik, mõlemad kohanduvad üksteise muutumisel
- Stiili põhised standardid tekivad projektide tegemise käigus, mis on hiljem väga lihtsalt taaskasutatavad
- Sademeveesüsteemide projekteerimine haakub sõidutee projekteerimisega ühise baasjoone tähenduses, mistõttu sõidutee paigutuse muutumisel muudetakse ka torustiku paigutust. Lisaks võimalik analüüsida sademete äravoolu efektiivsust teekatendilt ning kaasata restkaevude automaatset paigutust sõidutee madalamatesse punktidesse.
- Konstruktsiooni tarkvara suhtleb tänasel päeval sõidutee projekteerimistarkvaraga ning vastupidi. Kaasa konstruktsiooni lahendused projekti lähteülesandesse võimalikult vara.
- Kontrolli projekti elementide asukohti ning korrigeeri võimaliku vead (kokkulangevused). Integreeri ehitusgraafik (aeg) projektmudeliga (3D), et luua 4D simulatsioon. Simuleeri "mis-siis-kui" tüüpi stsenaariume, et leida võimalikud projekteerimise vead.
- Seo tööjoonised projektmudeliga nii, et projekti muutmisel, muutuvad ka tööjoonised automaatselt
- Kuluartiklid saab lisada projekti elementidele nii, et väljavõtete tegemine oleks võimalik otse mudelist
- Veebipõhine projekti koostööplatvorm. Mudatus ühes osamudelis on kättesaadav teistele osapooltele
Üks meeskond, üks ja ainus, tõene andmemassiiv.

EHITISE ELUKAAR (INFRA) – EHITAMISE ETAPI VÄLJAKUTSED

Väljakutsed:

- Traditsioonilist 2D infot on keerukas üle kanda masinjuhtimise seadmetesse ehitusplatsil
- Erinevate valdkondade projekteerijad / insenerid ei jaga oma osamudeleid enne ehitusetappi algust

Lahendused:

- 3D mudelit saab masinjuhtimise seadmetesse otse eksportida. Täpsustused põhiprojekti mudelis kantakse üle töömudelisse, mida seejärel jagada ehitajaga.
- Loo koondmudel erinevatest osamudelitest ning veendu, et need on omavahel kooskõlas (puuduvad vastuolud). Toeta projekti jooksvat arendamist, et vältida võimalikke probleeme projekti algusjärgus. Leia ning paranda vastuolud enne kui algab ehitustegevus.

EHITISE ELUKAAR (INFRA) – KORRASHOIU ETAPI VÄLJAKUTSED

Väljakutsed:

- Projekti infot on keerukas hallata igas projekti staadiumis nii, et seda saaks kasutada erinevate otsuste vastuvõtmiseks võimalikult efektiivselt
- Teostusinfo (andmestik) puudub digitaalselt, see pole ühes terviklikus kohas ning selle kasutamine seetõttu raskendatud

Lahendused:

- Teostusinfo haldus koos lisaparametritega
- Ruumandmestikku esitatavat andmebaasi saab uuendada teostusinfoga
- Andmete ligipääs nutiseadme vahendusel

BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- BIMi kasutuselevõttu mõjutab investeringute tasuvusuuring (***return on investment*** ehk **ROI**)
- ROI eesmärk on BIMi juures on mõõta tulemuslikkuse põhinäitajaid (***key performance indicators*** = **KPI**):
 - Maksumus – muutus tegelike kulude vs eelarveliste kulude vahel;
 - Kvaliteet – ümbertegemist vajavate tööde % kogumaksumusest;
 - Tähtaegne lõpetamine – aja ületamise tõttu tingitud lisakulu;
 - Tootlikkus – võimekus (maksumus, töötundide arv ülesande ühiku kohta), suurenev kasum;
 - Turvalisus – kaotatud töötunnid.
- Lisaks võivad kõne alla tulla mõõdikud nagu aja kasutamise efektiivsus, tulu inimese kohta, vähenev kulu võrreldes traditsiooniliste meetoditega (printimine, sõidukulu/reisimine), võidetud pakkumiste arv (%-na) aga ka üldine tellija rahulolu.

BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- Suurim mõõdetav kasu tuleneb paremast koordineeritusest, vastuolude analüüsides ning vähenenud infopäringute arvust (***request of information*** = **RFI**) ning lisatellimustest.
- Paljud uuringud on näidanud, et BIM rakendamine on toonud kaasa (võrreldes traditsiooniliste meetoditega):
 - Projekti kulukuse vähenemise (kuni 50%)
 - Vähenev ajakulu (kuni 50%)
 - Vähem kui 1.5% projekti üldkuludest läks muudatustest tingitud tellimuste täitmisele
 - Kaebused/vaidlused moodustasid vähem kui 0.5% üldkuludest
 - Vigade parandused ning tegevuseta olemine (tööseisakud) moodustasid vähem kui 0.5% kogukuludest

Allikas: The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry (2010), Journal of Information Technology in Construction, www.itcon.com.

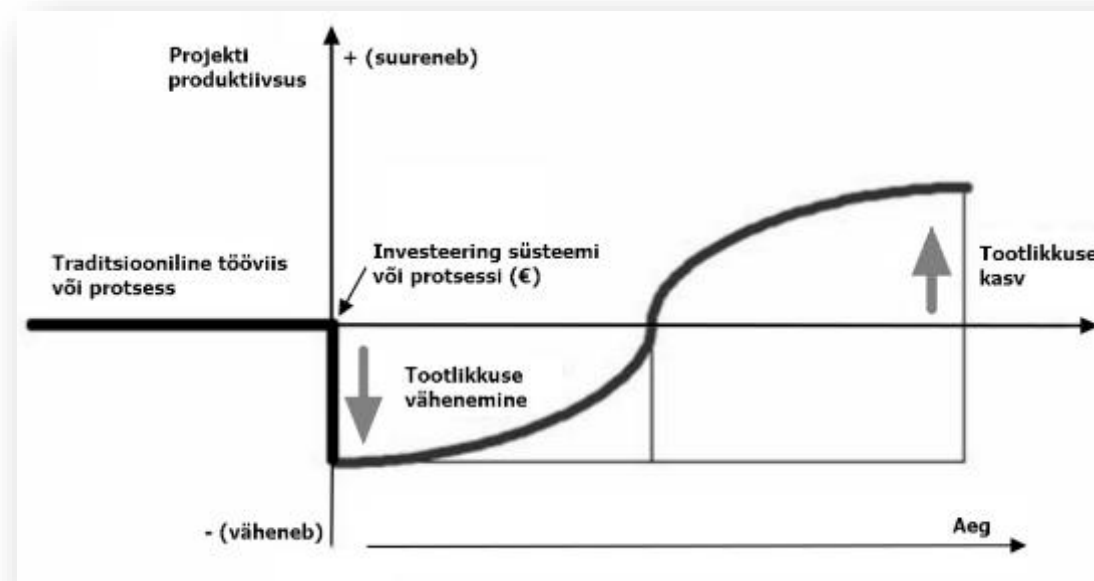
BIMI RAKENDAMISE PLAAN – ROI ARVUTUS ?

- Allolev arvutus kehtib esimese aasta tulemuslikkuse kasvule ning arvestab võimalike riistvara/ tarkvara kuludega, töötaja kuluga, koolitusele kuuluva aja, tootlikkuse vähenemisega koolituse vältel ning tootlikkuse kasvuga peale koolitust.

$$\frac{\left(B - \left(\frac{B}{1 + E} \right) \right) \cdot (12 - C)}{A + (B \cdot C \cdot D)} * 100 = ROI(\%)$$

ROI = 61 %

A	6000	Riistvara/tarkvara kulu (€)
B	4200	Tööjõukulu ühe kuu kohta + 30-40% töötajaga seotud boonused, ülekulud (€)
C	3	Koolitusele kuluv aeg (kuudes)
D	0.5	Tootlikkuse vähenemine koolituse tõttu (%)
E	0.25	Tootlikkuse kasv peale koolitust (%)



Nii-öelda parameetrite tundlikkust saab eraldi arvesse võtta, kui palju mõjutab mingi faktor ROI väärtust. Tootlikkuse hindamine on kõige tundlikum.

BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- Kuidas arvutada ROI-d?
 - ROI arvutamine ei pruugi alati olla nii lihtne ning võib hoopistükkis olla väga ajamahukas
 - ROI-d mõjutavad väga paljud tegurid, ja see ongi erinev projektist projekti
 - ROI ei suuda arvesse võtta immateriaalseid tegureid, mis on ettevõtte seisukohalt oluliselt nagu kulude kokkuhoid või paranenud turvalisus
- ROI-d mõjutavad faktorid – investeeringud ning eelised
 - Investeeringud BIMi juurutamiseks toimuvad ajapikku
 - (1) Alustamise investeering
 - Tehnoloogiline platvorm (riistvara, võrk, serveriruum, pilveteenus)
 - Tarkvara (litsentsid, uuenduslepingud)
 - Koolitus/jätkukoolitus
 - Suhtlusplatvorm, andmete jagamise infrastruktuur
 - Töökoha uuendusvajadused

BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- ROI-d mõjutavad faktorid – investeeringud ning eelised
 - (2) Projektiga seotud kulud
 - Projekti halduse kohandamised
 - Seisakud tööprotsessides
 - Meeskonna kohanemine protsessiga
 - Kohanemine andmemudeli nõuetega
 - (3) Strateegilised kulud
 - Planeerimisega seotud algatused
 - Standardite väljatöötamine
 - Mõju jälgimine, dokumenteerimine, mõõtmine
 - Kohandamine, innovatsioon
 - Lisatööjõud ja/või uued rollid/ülesanded (nt *BIM manager*, IT tugi)
 - Investeeringud juhtimise/suhtumise muudatustesse

BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- ROI-d mõjutavad faktorid – investeeringud ning eelised
 - Infrastruktuuri valdkonnas on kahte tüüpi BIM investeeringuid – **alustamise kulud**, et võtta kasutusele tehnoloogia ning **pikemaajalised kulud**, mis toetavad üldist äristrateegia muutust
 - **Alustamise kulu**, mis käsitleb investeeringut tehnoloogiasse on vältimatu kui soovida ajaga kaasas käia – see tähendab investeeringud tarkvarasse, mis toetab BIMi ning ka riistvara uuendamist, et BIM tarkvaraga töötada. Lisaks ei saa märkimata jätta ka koolituskulu, mis vajalik uutmoodi tööle hakkamiseks, kuid see on tüüpiliselt alati olemas, ka CAD põhisel töötamisel, mistõttu võib seda lugeda ka üldiseks enese ja ettevõtte jooksvaks arendamiseks.
 - **Pikemajalised kulud** – see on investeering standardite muudatustele ja/või kohandamisele. Seda on tihtipeale raske taas hinnata, kuna nn seisakud ümberõppefaasis mõjutavad igapäeva töö efektiivsust.
 - Osad on väitnud, et üleminek 2D-lt BIM tööprotsessidele toimub mitme aasta vältel, mistõttu on sellega kaasnevat kulukust väga raske hinnata

BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- Lisaväärtus vs tulemus
 - Ristlõigete loomisele kulub senisest vähem aega (2D vs 3D)
 - Võimalus võrrelda omavahel mitut erinevat alternatiivi võib viia märkimisväärse kokkuhoiuni
 - Projekti muudatused on senisest palju kiiremad
 - Ajagraafikud on vähenenud kuni 30%
 - Vähem (või puuduvad üldse) vastuolusid ehituse käigus
 - Projekti parem läbinähtavus erinevatele osapooltele
 - Erinevate andmeallikate koosvaatamine (GIS, LiDAR, mõõdistusinfo, aerofoto), mis annab projektile konteksti
 - Simulatsioonide läbiviimine (maapealsed, maa-alused)
 - Koostöö erinevate osapoolte vahel – võimalus osaleda mudelpõhises suhtluses
 - Visualiseeringud erinevates projekti vaheetappides

BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- BIMi rakendamisest saadavad tulud
 - (1) Projekteerimine ning suhtlus
 - Parem arusaam projektist
 - Kvaliteetsem lõpptulemused, vähem probleeme garantiiperioodil
 - Projekteerimise üldine produktiivsus, parameetriliselt seotud projektdokumentatsioon
 - Mudeli baseeruvad analüüsid, sealhulgas äravoolu ning liiklusvoolu analüüs
 - (2) Kontrollitavus
 - Optimeeri üldist projekteerimisele kuluvat aega
 - Vähem RFI-sid (infopäringuid)
 - Vähem projekteerimisest sõltuvaid tellimusi
 - Vähem tellijapoolseid nõudeid
 - (3) Virtuaalne mudel
 - Lihtsam, kiirem visualiseerimine erinevatele osapooltele
 - 3D ning 4D logistika visualiseerimine, ajagraafikute efektiivsus
 - Organiseeritud ning efektiivne dokumentide haldamine

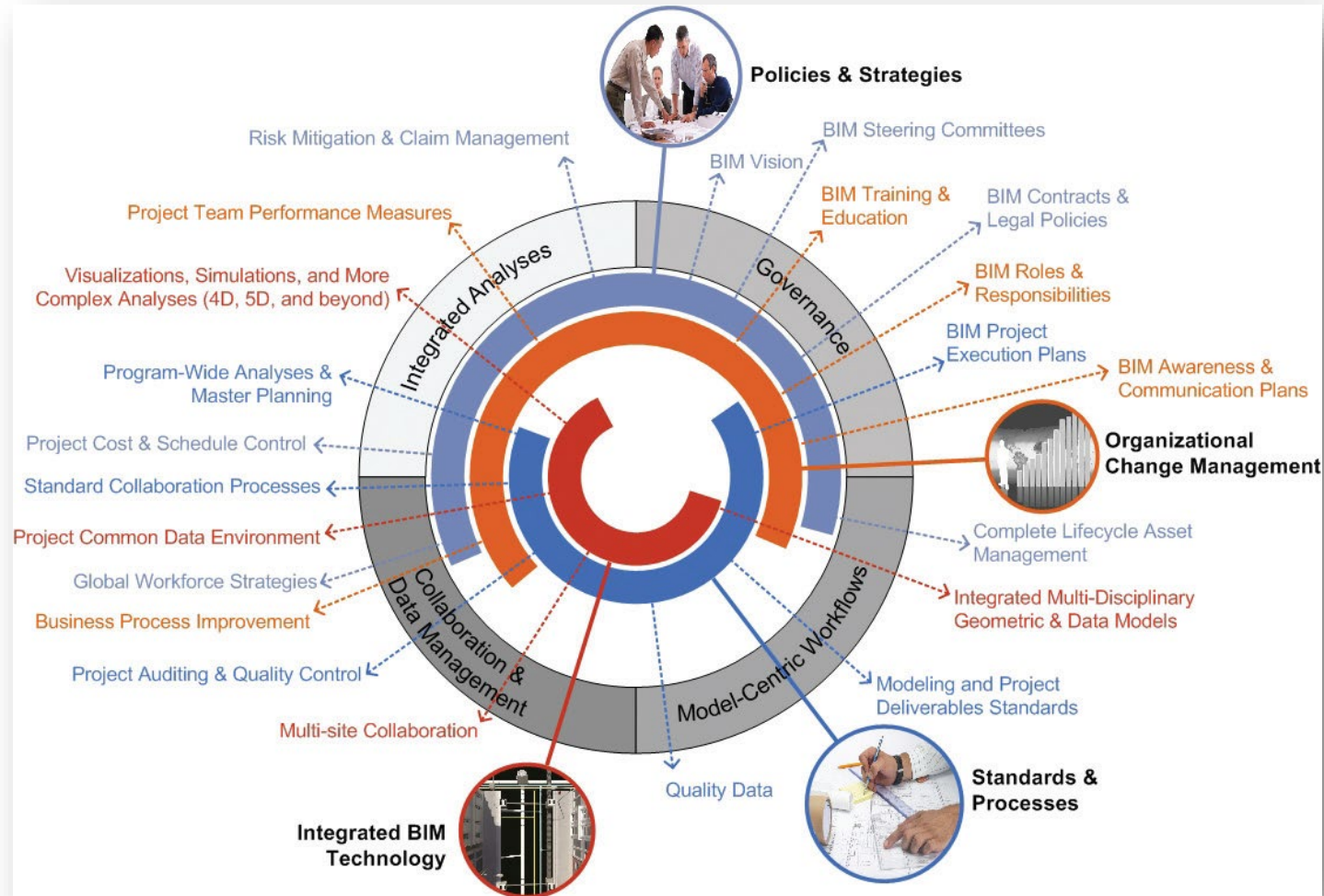
BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- BIMi rakendamisest saadavad tulud
 - (4) Ehitamise tööprotsessid
 - Meeskonna suurus, fokuseeritus
 - Väiksem paberikulu (printimine), pakendamisega ning kopeerimisega ja jagamisega seotud kulude vähenemine
 - Projektiplaani optimeerimine
 - Väiksemad kulud, väiksem risk tellijale
 - Paranenud ehitusplatsi turvalisus, kontroll ning mõõdistus, töö jälgimine
 - (5) Opereerimine ning haldus
 - Digitaalne ehitusinfo toetab efektiivset majandamist

BIMi RAKENDAMISE PLAAN

- BIMi rakendamise plaan tähendab ka olemasolevate uskumuste, harjumuste, tehnoloogia ning standardite muutmist – sest see määrab, kuidas uus meetod ettevõtte siseselt tegelikult tööle hakkab.
- Olulisemad valdkonnad muudatuste läbiviimiseks on:
 - Eeskirjad ning strateegiad – lähenemisviisid/eelised BIMi kasutuselevõtuks
 - Muudatuste haldamine – kuidas BIMi kasutusele võetakse, mida on selleks vaja muuta
 - Standardid ning protsessid – kuidas BIMi kasutada
 - Integreeritud BIM tehnoloogiad – BIM protsess ning mudeli haldusega seotud töövahendid
- Lisaks tuleb prioriseerida:
 - Organiseeritud haldamist (BIMi alustala)
 - Mudelil baseeruvad tööprotsessid
 - Koostöö ning andmehaldus
 - Integreeritud analüüsid

BIMi RAKENDAMISE PLAAN



BIMi rakendamine tähendab väga paljude erinevate protsesside ülevaatamist (muutmist)

Allikas: A framework for implementing a BIM business transformation (2012)

BIMi EELISED

Kasvav koostöö

- Valdkonna ülene projekti koordineerimine
- Mudeli jagamine kõikide osapooltega

Parem arusaam

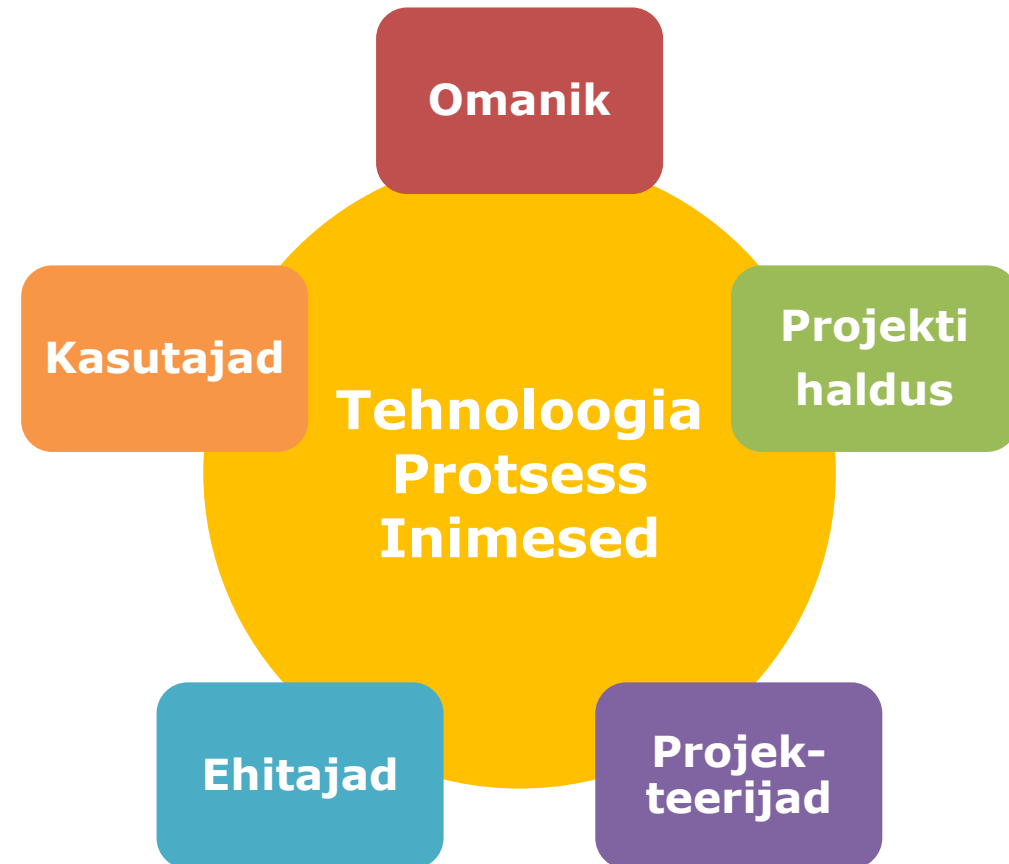
- Visualiseering esitlusteks, otsuste vastuvõtmiseks ning reklaamimiseks
- Vähem vastuseise, paremad lahendused

Vähenevad riskid, vastuolud

- Varajane, virtuaalne riskide leidmine, haldus
- Eemalda vastuolud erinevate valdkondade vahel

Vähenev maksumus ning ajakulu

- 5-15% väiksem projekti maksumus
- Kiirem elluviimine, ligipääs infole



BIM TELLIJALE

- Projekti väiksem kulu ning kiirem valmimine, samas kõrgema kvaliteediga:
 - Järgi projekteerimise käiku ning kontrolli välja pakutud lahendusi enne kui neid hakatakse välja ehitama
 - Väiksem muudatuste arv (**CCO** = **construction change order**) vähenenud projekteerimisest tingitud konfliktide tõttu
 - Mudelil baseeruv kvaliteedi kontroll
- Visualiseering esitlusteks, otsuste vastuvõtmiseks ning reklaamimiseks:
 - Visualiseerimise väiksem kulu
- Info elukaare põhine haldus läbi avatud BIM standardite:
 - Kokkuhoid hoolduses ning opereerimises

DBB (Design Bid Build) – Tellija (lower cost bids)

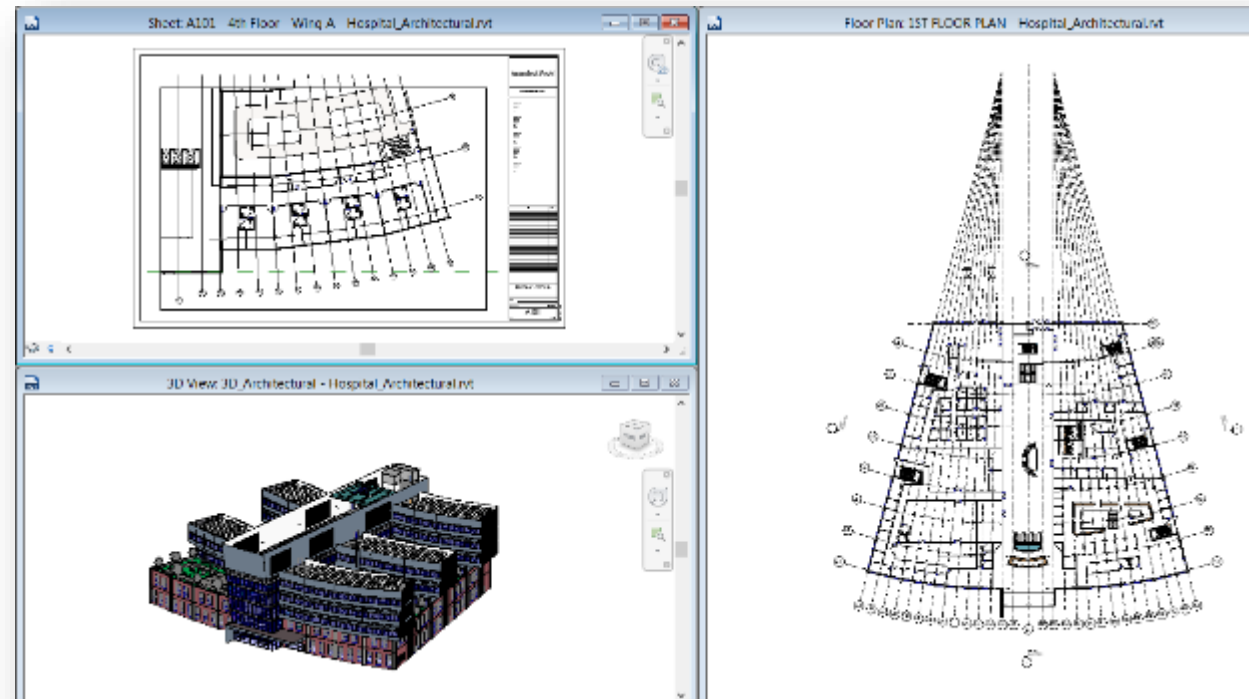


Allikas: Autodesk Navisworks (ekraanipilt projektist)

BIM PROJEKTEERIJALE

- **BIM tellija nõudmisel:**
 - Riiklik BIM raamistik
 - Riiklikud BIM juhendid
- **Tõsta kvaliteeti ning tootlikkust:**
 - Projekti kontroll, väärtust loovad lahendused
- **Kokkuhoid jooniste tegemise arvelt:**
 - BIM mudelid asendavad jooniseid projekteerimise käigus, puudub vajadus printimiseks
- **BIM ning visualiseering on insenerivaldkonna uued, kasvupotentsiaaliga ärisuunad:**
 - Suunanäitaja, mainekujundus

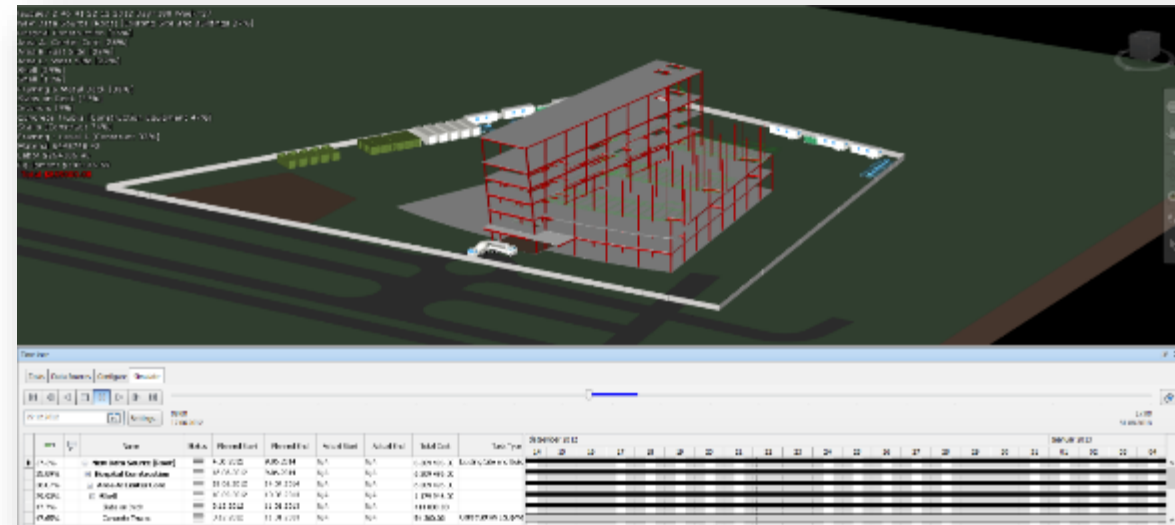
Allikas: Autodesk Revit (ekraanipilt projektist)



BIM EHITAJALE

- Hanke võitmine väiksema pakkumisega:
 - Ehitatavus, projekti haldus, optimeerimine ning riskide vältimine
- Maksumuse ning tööaja kokkuhoid ehituses:
 - Leia vastuolud ning riskid ja optimeeri ehitustegevusi ning töögraafikuid
 - Kontrolli ehituseks vajaliku andmestiku kvaliteeti, vigade olemasolu ning korrektsust enne tegeliku ehitustegevuse algust
 - Kasuta mudeleid, et panna paika päevaplaan ning juhenda töotajaid ehitusplatsil, selgitades, mida on vaja ehitada
 - Kasuta mudeleid nutiseadmete vahendusel ehitusplatsil, liikvel õlled, mistahes ajahetkel

DB (Design Build) – Ehitaja (lower production costs)

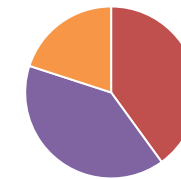


Allikas: Autodesk Navisworks (ekraanipilt projektist)

BIM EELISED EHITUSPROTSESSIS (INFRA)

- Projekteerimisest tingitud vead, mis leitakse ehituse käigus põhjustavad lisakulu
 - BIMi kasutamisega saab vastuolud elimineerida
 - Kiirem ehitus väiksema kuluga
- Analüüsid on näidanud, et BIM kasutamine vähendab 75% lisatellimuste hulka
- 5-15% väiksem projekti kulu

Lisakulu ehituses



■ Ettenägematud ■ Projekteerimisega seotud ■ Muud

Projekt	Meetod	Maksumus	CCO %	Ehitaja
RV 150 - E03; Ring 3 Ulven-Sinsen	Tava	301 milj	18,9%	NCC Construction
RV 150 - E22; Ring 3 Ulven-Sinsen	BIM	532 milj	9,8%	Veidekke
E6 - Nordre, Trondheim	BIM	263 milj	7,6%	Skanska
Fv. 456 Vågsbygdveien	BIM	43,7 milj	4,2%	Veidekke Entreprenør
E6 Skaberud - Kolomoen	Tava	470 milj	18,1%	Hæhre Entreprenør
Joint Project E6-Dovrebanen	BIM	1,8 miljard	8,3%	Hæhre Entreprenør

Allikas: Norwegian Public Road Administration

FOOKUS ON LIIKUDA DOKUMENTIDELT MUDELITELE

Kus me täna oleme

Kuhu jõuda püüame

2D joonised



2D CAD / käsitsi joonestamine.
2D projekt (valdkonniti).

Ühe valdkonna joonised.
Valdkonna põhine lähenemine.

3D mudelid



BIMi soodustavad töövahendid.
3D projekt (valdkonniti).

Ühe valdkonna mudelid.
Valdkonna põhine lähenemine.

3D koostöömudelid



Integreeritud BIM töövahendid.
Avatud standardid.

Omavahel seotud mudelid.
Projekti põhine lähenemine.

3D integreeritud intelligentsed mudelid



Mitme kasutaja poolt arendatav mudel BIM serveris
olev mudel.

Omavahel seotud mudelid.
Kogu elukaart hõlmav.

ISOLEERITUD (Level 1)

KOOSTÖÖ (2)

INTEGREERITUD (3)

Joonised

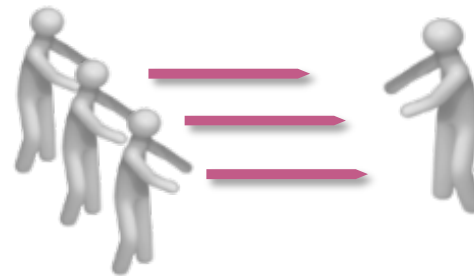
Dokumendid



Infra BIM

Structures BIM

Buildings BIM



Allikas: Topcon Technology Finland

FOOKUS ON LIIKUDA DOKUMENTIDELT MUDELITELE

- **BIMi kasutusele võtt toimub üle maailma**
 - Globaalne trend, muutused käimas igal pool ("nuusutamine", või reaalne tegutsemine)
 - BIM on soovituslik või nõutud paljudes riikides: USA, UK, Soome, Norra, Singapur, Vietnam
 - USA: Map21 ja Every Day Counts programmide rahastused vaid digitaalsetel mudelitele baseeruvatele projektidele
 - UK: Ministeeriumi poolt seatud eesmärk, et tõsta BIM-i läbi tootlikkust ning konkurentsivõimet (BIM Level 2, aprill/okt 2016)
 - Soome ja Norra omavad riiklikke BIM juhiseid BIMi kasutamiseks
 - Singapur – BIMi põhised e-hanked (2015, 5000 m2 ja suuremad)
 - Vietnami uus ehitusseadus soovib kasutada BIM-i kogu ehitusvaldkonnas
- **BIM Level 1**
 - Paljud tarkvarad on täna BIM võimekusega aga on keskendunud ühele kindlale valdkonna mudelile (Civil 3D, Revit, Tekla jne)
 - Paljud valdkonnad on endiselt 2D jooniste tegemise "režiimis" (maastikukujundus, teekatemärgistus, valgustus)
- **BIM Level 2**
 - Kui kõik valdkonna mudelid on omavahel kombineeritud ühte integreeritud mudelisse, saame BIMi eelistest rääkida/kogeda
 - Koostöö valdkondade vahel, terviklik projekti nägemine, vastuolude kontroll, terviklaheduse optimeerimine
 - BIM töövahendid võimaldavad projekteerijatel töötada samaaegselt, ühes ja samas mudelis, koostöö mudelpõhistes tegevustes

EUROOPA LIIDU AVALIKE HANGETE DIREKTIIV

What is BIM?

The social, environmental and economic benefits of digitalization are well recognized: Building Information Modelling (BIM) is digitalization for the construction sector. From a public stakeholder perspective, BIM can provide significant efficiency benefits to public works, to public value for money and be a driver for growth and competitiveness.

Allikas: <http://www.eubim.eu/>

Construction

The construction industry is very important to the EU economy. The sector provides 18 million direct jobs and contributes to about 9% of the EU's GDP. It also creates new jobs, drives economic growth, and provides solutions for social, climate and energy challenges. The goal of the European Commission is to help the sector become more competitive, resource efficient and sustainable.

Allikas: https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction_et



Allikas: <http://www.eubim.eu/handbook/>

FOOKUS ON LIIKUDA DOKUMENTIDELT MUDELITELE



#1

2D DOKUMENTATSIOON



#2

OPTIMEERIMINE

Kommunikatsioonile väga väike tähelepanu. Põhirõhk oli n-ö projektinfo tootmisel, mis vastaks selle hetke nõuetele. Põhiküsimus oli (on), kas projekti viiakse õigesti ellu (rõhk siis juba valitud variandil ja selle elluviimisel).



#3

KOKKULIITMINE

Kas me valime õige lahendi, ehk siis kommunikatsioon tekib oluliselt varem ja seda sisuliselt reaajas ühes projekteerimise protsessiga ja väga erinevate osapooltega (see on jäänud varasemalt tahaplaanile).

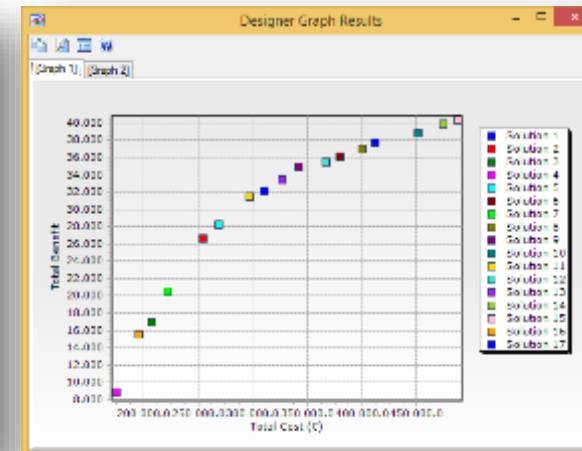
Allikas: Autodesk

FOOKUS ON LIIKUDA ... KOMMUNIKEERUMISELE

- **Cost-Benefit analysis** – mitme-sihiline optimeerimine
 - Meil on piiratud ressurss (eelarve), aga me soovime parimat lahendit – see ei tähenda odavaimat lahendit
 - Mitme-sihiline optimeerimine/analüüs tähendab seda, et **me leiame üldise koondteguri (nt finantsiline + sotsiaalne + keskkond)** ja seome selle konkreetse lahendi maksumusega. Seejärel uurime, kuidas see üldine (positiivne mõjutegur) kasvab kui me kulutame lisaressursse).
 - Ühele hetkel võtab kõver horisontaalse joone, kus lisakulutuse tegemine ei too enam realselt mõõdetavat tulu



Allikas: Autodesk



Allikas: Bentley

FOOKUS ON LIIKUDA ... KOMMUNIKEERUMISELE

- **Cost-Benefit analysis** – mitme-sihiline optimeerimine
 - *Triple Bottom Line, Green Stormwater Infrastructure, Low Impact Development*
- Lihtne näide - kinnisvara väärtuse muutust ei vaadata ainult m², piirkond, ehitusmaksumus jne, vaid ka muutuvast keskkonnast (õhukvaliteet, uputusohht, müra kasv, ummikud jne). Või siis sõnastame seda nii, mismoodi rahvastiku liikumine mõjutab meie poolt loodud infrastruktuuri kasutust tulevikus?



A green roof absorbs rainwater, reduces energy costs and offers wildlife habitat in urban Portland, Oregon.



Rainfall soaks through permeable pavement and into the ground below in this parking area in west Des Moines, Iowa.



Street runoff collects in stormwater planters in Portland, Oregon.



A landscaped curb extension calms traffic and captures and infiltrates street runoff in Portland, Oregon.



Figure 1. When roads, rooftops and parking lots cover much of the land, more than half of the rainfall runs off and flows directly into surface waters. In highly developed areas, such as in Seattle, Washington (above left), only 15 percent of rain water has the opportunity to soak into the ground.

FOOKUS ON LIIKUDA ... KOMMUNIKEERUMISELE

- *Low Impact Development*

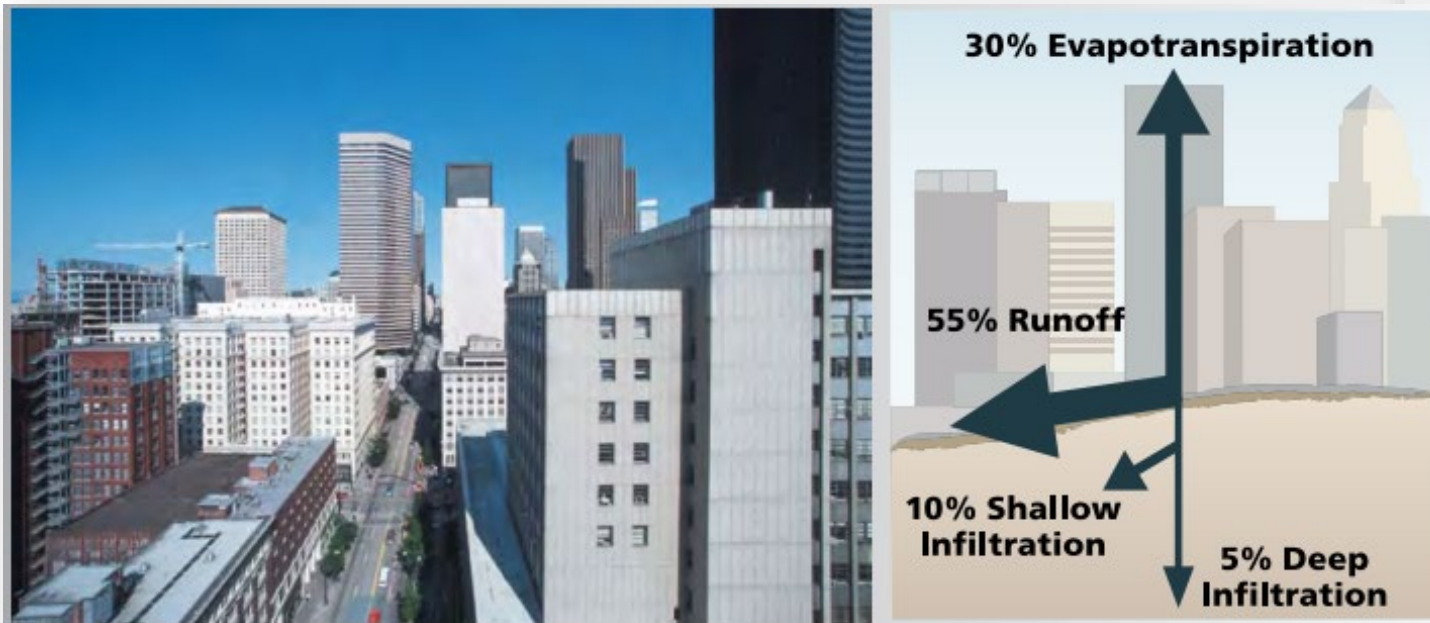


Figure 1. When roads, rooftops and parking lots cover much of the land, more than half of the rainfall runs off and flows directly into surface waters. In highly developed areas, such as in Seattle, Washington (above left), only 15 percent of rain water has the opportunity to soak into the ground.

Allikas: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/bbfs1benefits.pdf>



A green roof absorbs rainwater, reduces energy costs and offers wildlife habitat in urban Portland, Oregon.

FOOKUS ON LIIKUDA ... KOMMUNIKEERUMISELE

- *Low Impact Development*
Singapore Green Mark

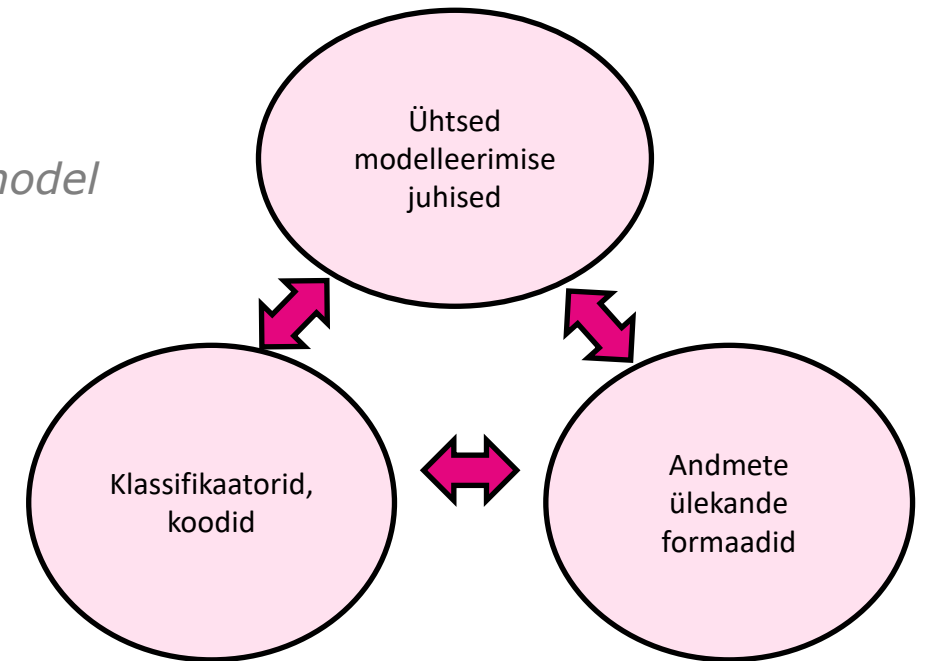


Punktisüsteem hindamaks
hoone keskkonnamõju ning
toimivust (suutlikkust)



ANDMEMUDELITE STANDARDID

- Andmemudelite standardid
 - Hooned: *IFC, gbXML,*
 - Infra: *IFC, IFC Alignment, LandXML, Inframodel*
 - 3D kaksik: *CityGML*
 - Arenduses? *InfraGML, LandGML*
- Ehitise info, protsesside standardid
 - *COBie, IPD*
- Klassifikaatorid, koodid
 - Objektide koodid ning nimetamine
- Ühtsed modelleerimise juhised
- Kirjeldada nõudeid ning protseduure erinevates projekti staadiumites

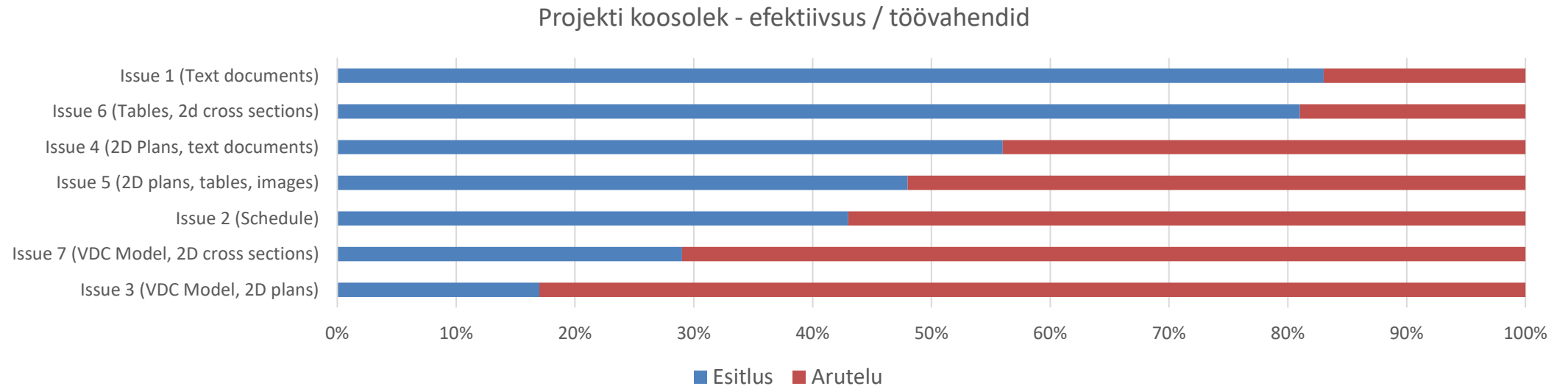


AVATUD STANDARDITE EELISED

- Digitaalne projekti edastus:
 - Projekteerimistarkvarast sõltumatu BIM edastus
 - Andmete vahetatavus ning integreeritavus erinevate süsteemide vahel
- Arhiveerimine:
 - Tulevikukindlus – andmed on loetavad ka dekaadide järgselt
- Innovatsioon:
 - Avatud standardite initsiatiivid
 - *3rd-party* tarkvarade läbimurre
- Valitsuse nõue juba paljudes riikides

BIM EELISED KOOSOLEKUTEL

- Projekteerimist puudutavad koosolekud on 2x efektiivsemad kui kasutatakse *BIM/VDC* meetodit (VDC – *virtual design and construction*):
 - Esitlusele kuluv aeg väheneb, rohkem aega probleemide arutelule
 - Suureneb aeg, mida kasutada koostööks ning projekti parendamiseks
- Paremad otsused, parem projekti kvaliteet, kiirem projekti kulgemine

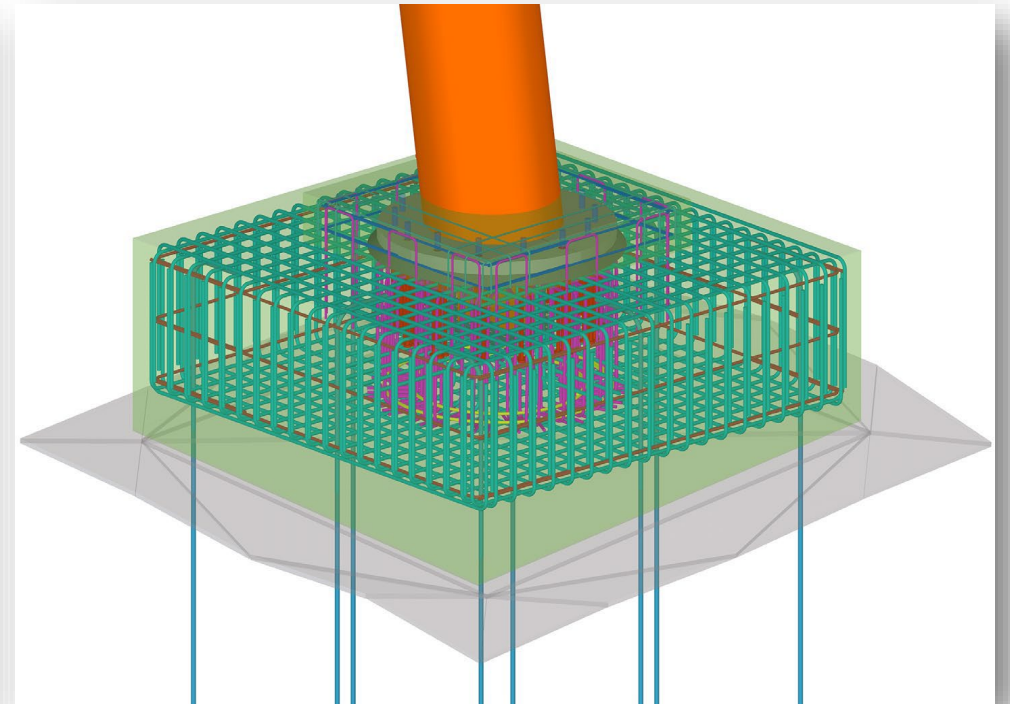


BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Konstruksioonide visualiseeringud – et kõik saaks üheselt aru:



Allikas: <http://www.aga-cad.com>



Allikas: <http://www.tekla.com>

BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Ruumiprogrammi loomine ja võrdlemine:

The screenshot displays the Archibus Space Console interface. On the left, there are two data tables. The top table, 'Locations', lists building details. The bottom table, 'Room Categories', lists organizational departments and their associated room counts.

BUILDING	FLOOR	ROOM	DIVISION	DEPARTMENT	Unassigned	
▼ Locations						
Recent Add New						
▼ Vacant only More Clear Filter						
Building	Floor	Room Area ft ²	Capacity	Occupancy	Room Count	
<input checked="" type="checkbox"/>	BOSMED	01	15,576.18	121	100	203
<input checked="" type="checkbox"/>	BOSMED	02	41,954.69	179	118	206
<input type="checkbox"/>	BOSMED	03	41,229.59	0	0	178
<input type="checkbox"/>	DALLASDF	01	2,456.16	0	0	16
<input type="checkbox"/>	DALLASDF	02	11,652.98	71	0	72
<input type="checkbox"/>	DALLASDF	03	10,420.15	88	0	65
<input type="checkbox"/>	HQ	01	1,441.95	0	0	25
<input type="checkbox"/>	HQ	11	3,133.89	21	0	21
<input type="checkbox"/>	HQ	15	1,571.24	24	0	44
<input type="checkbox"/>	HQ	17	5,287.05	46	37	49
<input type="checkbox"/>	HQ	18	1,385.07	23	9	43
		346,431.27	794	166	1,225	

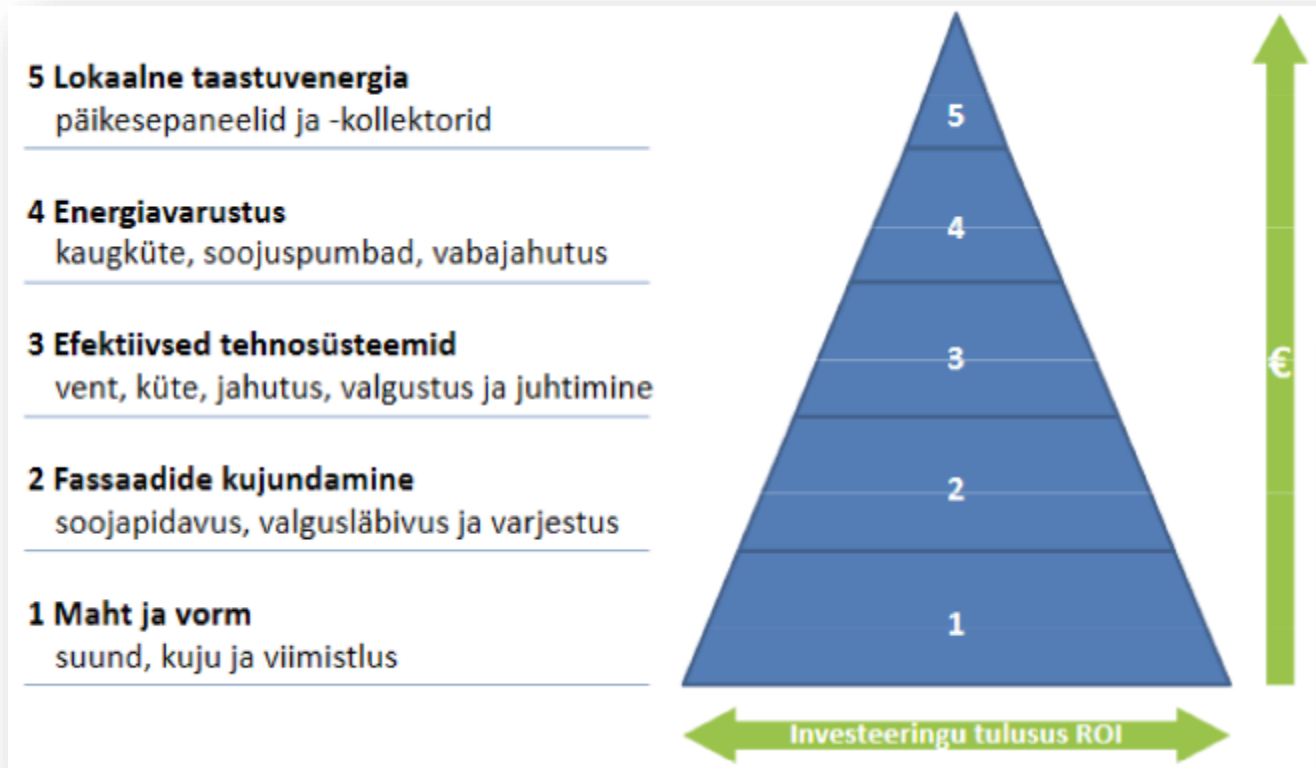
Division/Department	Name	Room Area ft ²	Room Legend Count	Assign
▼ Organizations Room Categories Rooms				
Add New				
P [Unassigned]		147,068.55	674	
P ACCESSORIES	Bicycle Accessories	1,556.00	78	Assign
P ELECTRONIC SYS	Electronic Systems	17,659.77	114	Assign
P EXECUTIVE	Executive	11,910.82	60	Assign
P FACILITIES	Facilities	11,391.63	58	Assign
P FINANCE	Finance	0.00	0	Assign
P HUMAN RESOURCES	Human Resources	11,731.74	59	Assign
P MANAGEMENT CONS.	Management Consulting	9,525.63	59	Assign
P SOFTWARE APPR	Software Applications	1,438.70	12	Assign
P SOFTWARE SOLN.	Software Solutions	32,157.92	127	Assign

On the right, two 3D floor plan visualizations are shown. The top one is a perspective view of a building floor plan with rooms colored in blue, green, cyan, and magenta. The bottom one is a similar view with rooms colored in yellow, red, green, and blue. The interface includes a 'Space Console' title bar, navigation tabs for 'Space' and 'Occupancy', and various filters and controls.

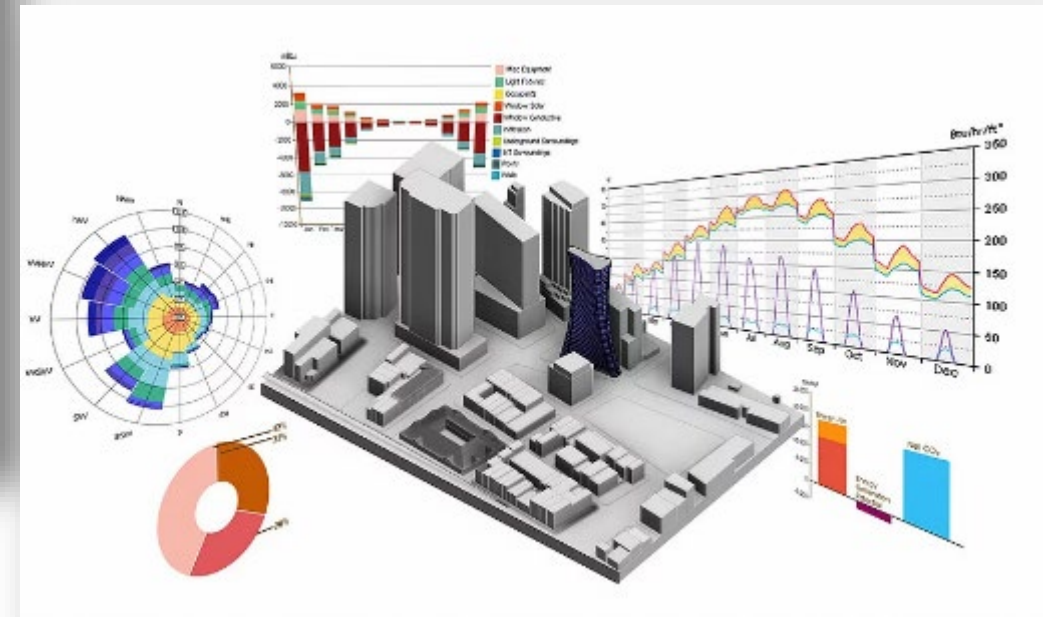
Allikas: <https://archibus.com>

BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Madal- ja liginullenergiahoonete lahenduste väljatöötamine:



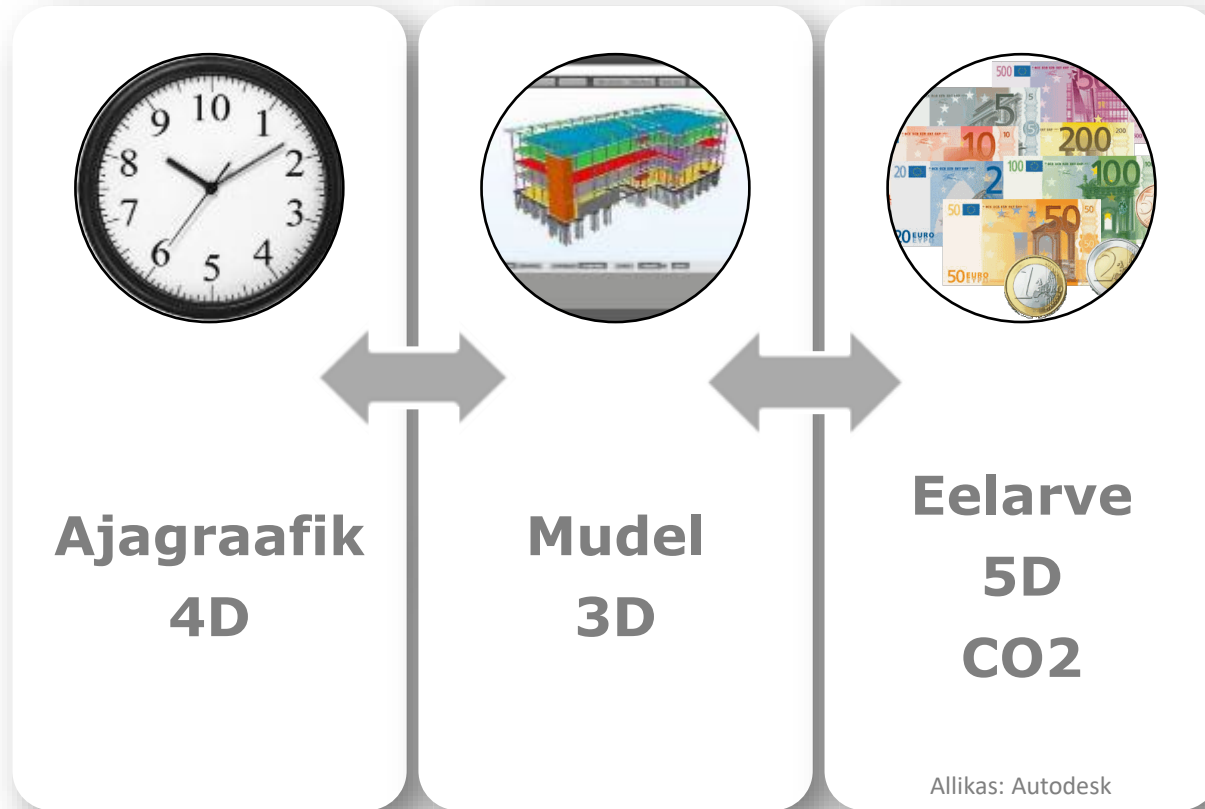
Allikas: Liginullenergia eluhooned - Väikemajad, TTÜ, 2017



Allikas: www.autodesk.com

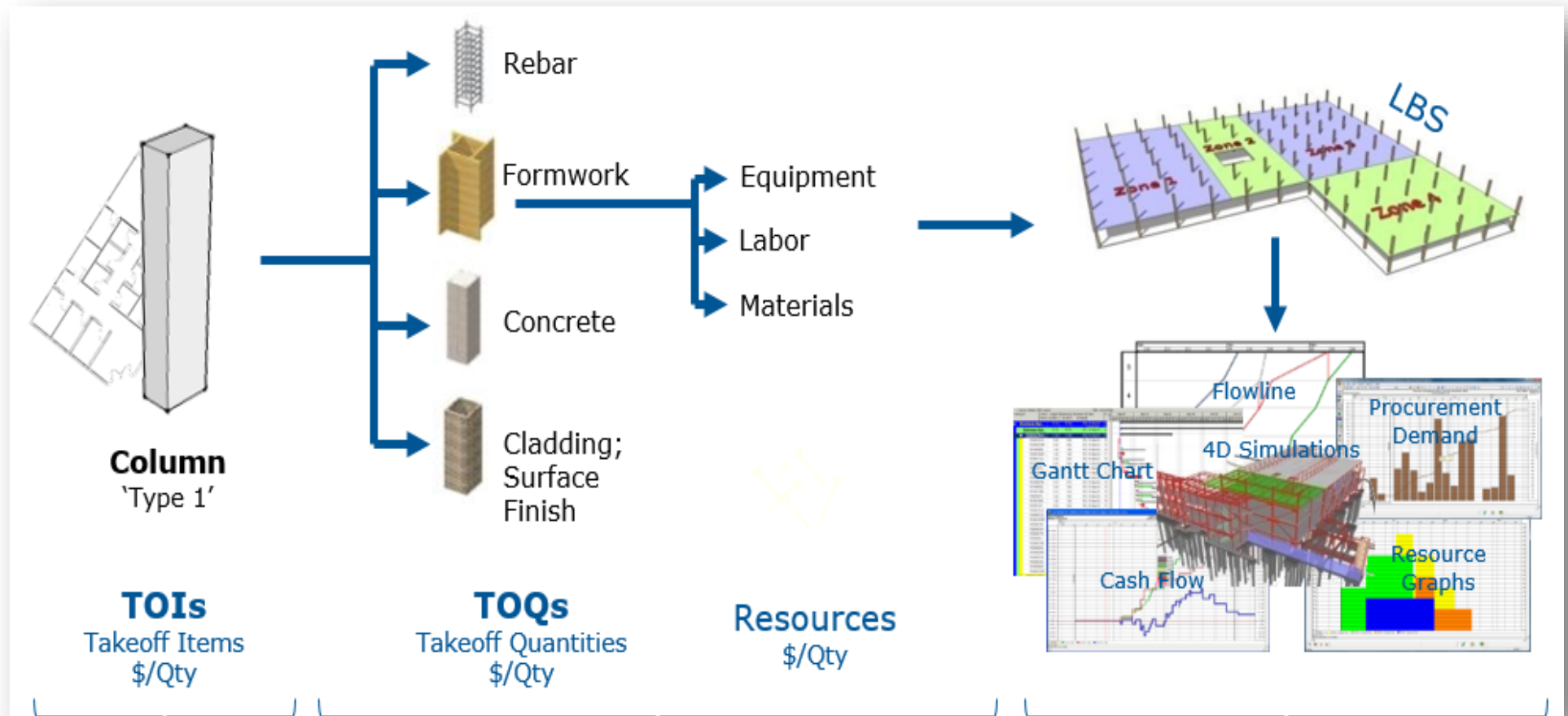
BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Integreeritud ehitusjuhtimine (üks andmebaas):



BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Mudelpõhine mahtude arvutamine:



Allikas: Model-based Estimating, Olli Seppänen, 2015

BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Ajas täpsustuv eelarve:

5D COST ESTIMATION

Element quantities, properties and relationships
ISO 16739 (IFC)

Standardization and automatization of cost data assignment to the model elements
Element Query

Cost Item
Productivity rate
Cost
Cost Supplement

Resources

Cost Data

custom classification systems
Unifomat,
Masterformat,
STLB-Bau DIN 276...

Output: Detailed Bill of Quantities

Name	Quantity	Unit	Unit Cost	Material Cost	Equipment Cost	Total Cost
001010001 - CP columns round head	21,842 m ²			\$1,524.00	\$2,128.40	\$3,652.40
001010002 - Cast-in place concrete columns, 400mm diam, 3.0m height	21,842 m ²		\$41.00	\$2,028.10	\$320.00	\$3,497.10
001010003 - CP concrete formwork, columns, round floor tubes, recycled paper, 20mm diameter, 1.0m, includes stacking, bracing and shipping	42,684 m ²		\$1.00	\$224.00	\$0.00	\$225.00
001010004 - Reinforcing mesh in place in columns, 400mm dia, 3.0m height, includes bar anchorage, bent and lap for quantities	427,434 kg		\$174	\$74,368	\$100.00	\$74,468
001010005 - Structural concrete, ready mix, normal weight, 28MPa, includes bar anchorage, bent, portland cement and water, include all of all	5,625 m ³		\$170.90	\$959.00	\$0.00	\$959.00
001010006 - Structure concrete, precast, normal weight, 28MPa, includes bar anchorage, bent, portland cement and water, include all of all	5,625 m ³		\$71.10	\$400	\$170.00	\$670
001010007 - Concrete finishing, with, finish, all with glass, includes bracing and erecting walls	21,842 m ²		\$4.00	\$100.00	\$1,000.00	\$1,100.00

BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Ehitusprotsessi kavandmine, visualiseerimine, juhtimine ning monitoring:



Allikas: Autodesk Navisworks mudelist

BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Laserskaneerimine ning inventariseerimine:



Allikas: [Hades Geodeesia \(youtube\)](#)

BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

Drooniseire, ehitusprotsessi kaardistamine:



14.11.2019



10.11.2020



**TAL
TECH**

05.08.2024

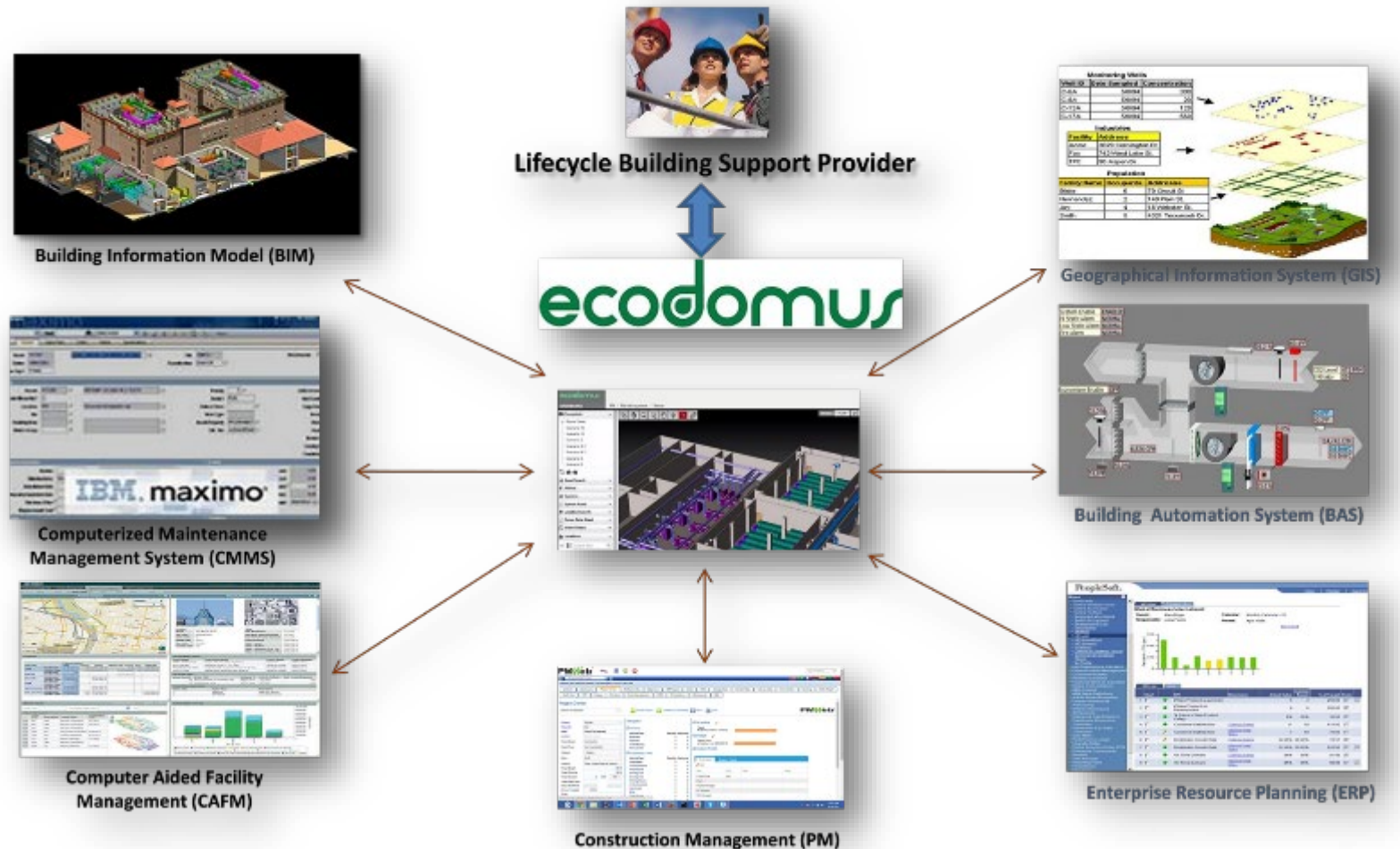


Sissejuhatus BIMi

81

BIM EELISED (MUDEL, ANALÜÜS)

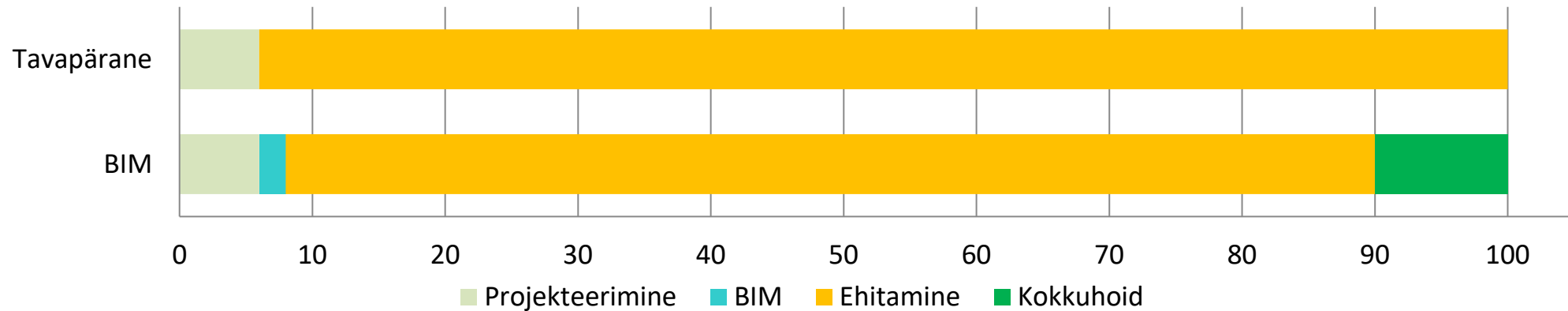
Ehitise korrashoid (haldus, hooldus):



Allikas: ecodomus.com

BIM EELISED EHITUSPROTSESSIS

- Tüüpiline CCO (*construction change order*) moodustab ca 5-20% kogukuludest
- BIMi kasutamisega, ligi 40% CCO-st saab vältida
- Isegi kuni 15% väiksem projekti kulu
- Kõik võidavad BIM-st:
 - Tellija saab projekti väiksema kuluga
 - Projekteerijad saavad tegeleda rohkemate projektidega
 - Ehitajad võidavad projekte madalama kuluga
- Kuni 500% suurenev ROI



LÄHITULEVIKU TRENDID

- Kuna ehitussektor tervikuna ei jookse just tormi uute tehnoloogiate/võimaluste kasutusele võtuks, siis saab üsna selgelt väita, et **BIM-iga seonduv ei ole veel täiel määral rakendunud**
- Kasvõi **2D jooniste olemasolu vajadus** ja nende baasil läbi viidav kooskõlastus on eelneva heaks näiteks
- Ehkki BIMi rakendamise juures saab silmas pidada väga erinevaid tasandeid, siis ühe ettevõtte kaasamine terviklikku BIMi protsessi on **mitmeaastane lugu**
- Kui tööstusvaldkonna tähenduses saab BIMi tegelikku väärtust hinnata ehk aastate pärast, siis projektide tähenduses on olemas selgeid näiteid, kus nii projekti **ajagraafikut kui maksumust on BIMi läbi suudetud vähendada**
- Samas tuleb rõhutada, et endiselt lähevad läbi ka projektid, mis siis nii oma tehnilise lahenduse kui ka eelarve tähenduses on justkui läbikukkunud (ingl *value engineering*)

LÄHITULEVIKU TRENDID - HARIDUSVALDKOND

- BIM-iga seonduvad teemad kõrghariduse esimesele/teisele õppeaastale
- Selgelt on näha trendi, et tudengid võtavad BIMi töövahendeid lihtsamini omaks kui CAD-iga seonduvat

LÄHITULEVIKU TRENDID - OMAVALITSUS

- Mudelpõhine kooskõlastus
- Mitmes riigis (regioonis) on võimaldatud mudelpõhine loamenetlus:
 - [Singapur](#)
 - [Dubai](#)
 - [Eesti](#)

LÄHITULEVIKU TRENDID – “JONISED NÕUDMISEL”

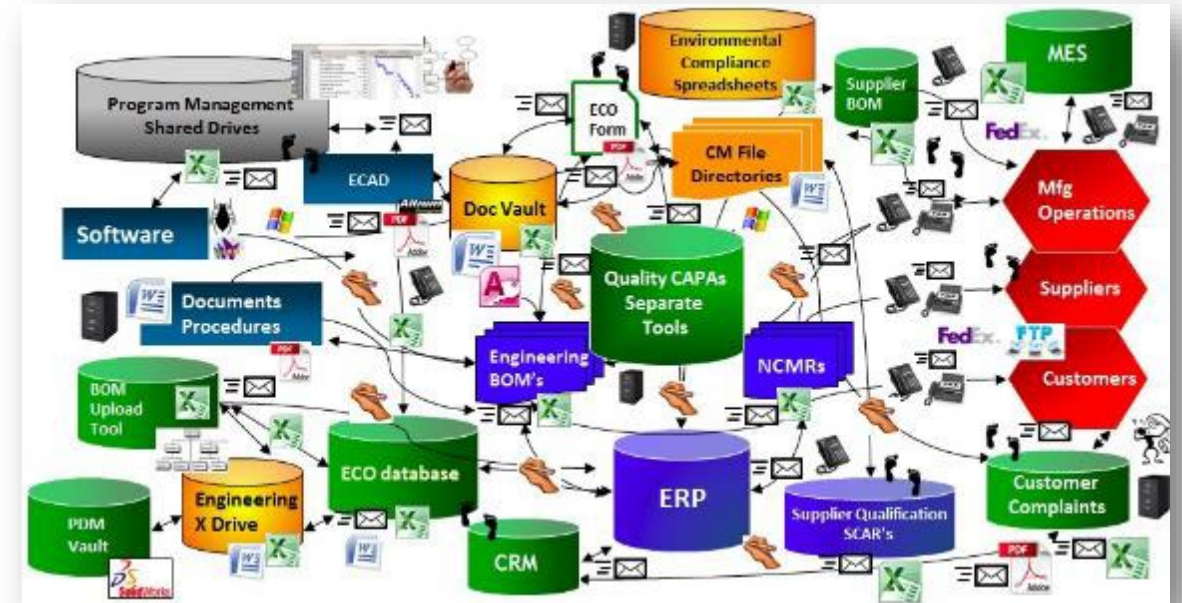
- Mudelpõhine ehitusprotsess ning joonised vaid vajadusel
- Eeldab, et mudelid sisaldavad sama detailsusastet kui joonised. Ka Eestist on näiteid tuua. Samas on oluline, et mudelit suudab lugeda ka platsitööline.



Allikas: Naksitrallid

LÄHITULEVIKU TRENDID – TARKVARA INTEGREERITAVUS

- Mudelinfo edastamine analüüsi pakettidesse on olnud teemaks juba aastaid, kuid ennekõike saame öelda, et keskendutud on konstruktsiooni ning energia-simulatsioonideks vajalikud info ülekandele
- Lähitulevik avardab võimalusi veelgi – sh ruumiprogrammide vastavuse kontroll, eelarvestus, akustilised analüüsid jpm



Allikas: mcdcafe.com

LÄHITULEVIKU TRENDID – BIM PROTSESS

- Avaliku kui ka erasektori **kasvav nõue BIMi kasutamise järele**
- **Uute oskuste omandamine** olemasolevate rollide tähenduses (arhitektid, insenerid, ehitajad – BIMi oskuste tasand)
- **Uute rollide teke**, laiem levimine. BIM *manager*, BIM koordineerija või nende rollide sulandumine olemasolevate, nt projektijuhtide kohustuste hulka
- Omanike ning tellijate **parem arusaam BIMi vajalikkusest** teostus- ning haldusmudeli tähenduses
- **Koostööle suunatud projekti elluviimine**, sh uuendusmeelsemate lepinguvormide laiem kasutusele võtmine (IPD – integreeritud projekti teostus)
- Mudelite koosvaatamine
- BIM standardite laiem levik
- **Mudelitel baseeruv eeltootmine** võimaldab optimeerida ehitusprotsesse/-graafikuid ning teostada allhankeid üle maailma
- **Keskkonnasäästlikumad lahendused läbi energiasimulatsioonide** ja nende usaldusväärseuse tõstmine (töövahendite arendamine)

LÄHITULEVIKU TRENDID – TEHNOLOOGIA

- Mudelite kontrolli automatiseerimine (vastavuse kontroll, kooskõla nõuetele jne)
- Virtuaalse mudeli liitmine füüsilise keskkonnaga (liitreaalsus)
- 3D printimine ning robotika esimesed sammud ehitusprotsessides



Allikas



Video link



Video link

LÄHITULEVIKU TRENDID – TEHNOLOOGIA + PROTSESS

- **Timmitud ehitus + BIM**

- Ehitusprotsesside järgimine (jagatud ressursid, teiste allhankijate hetke tegevused, materjalide saadavus või nende tarneahela seis)
- Materjalide, varustuse ning tööjõu hanked on täna endiselt üsnagi manuaalne ning tülikas protsess
- Samas eksisteerivad *start-up* ettevõtted, kes pakuvad nii tooteid kui tööjõudu, mistõttu ettevõtte mõiste võib juba lähitulevikus hägustuda
- Platvormide teke, mis võimaldab sarnaste huvidega ettevõtetel koondada, et seeläbi osaleda erinevatel hangetel, tõsta tootlikkust ning kasumlikkust (see soodustab omakorda kulude läbipaistvust)

Tarneahela optimeerimine võib ehituskulusid kokku hoida ca 5%

LÄHITULEVIKU TRENDID – UURINGUTE VAJADUS

- Tehisintellekti parem rakendus BIMi põhistesse protsessidesse, sh andmete kontroll ning nende ülekandmine seotud komponentidele



[Video link](#)



2025 PERSPEKTIIV

- Projekteerimise ning ehitusprotsessi digitaliseerimine täies mahus (**sensorite kasutamine ning seeläbi ehitusseadmete juhtimine läbi mudelite** – puuritava augu sügavus jne)
- BIM mudelite laiem levik hoogustab uutele tehnoloogilistele innovatsioonidele
- Senisest suurem koosteliinidel tootmine ning toodete laiendamine lähtudes projektist ning kasutaja erisoovidest
- Projektmudelite automaatne vastavuse kontroll programmilistele nõuetele/piirangutele
- Tehisintellekti kasutus ehituses
- Eeltootmise globaliseerumine
- Säästlikumad ehitised (simulatsioonide integreerimine, BEM → CFD)

2025+ PERSPEKTIIV

- Lähiaastad: Integreeritud BIM (BIM Level 3)

- **2020-2030: Timmitud BIM (Lean BIM):**

- Parem integreeritavus timmitud ehituse tarkvaradega
- Senisest suurem eeltootmine (sh kasutajapõhiste toodete)
- Ehituse automatiseerimine
- 3D printimine
- Tarneahela haldamine, materjali logistiline järgimine
- Moodulpõhine ehitamine
- Virtuaal- ning liitreaalsuse rakendused

- **2030+: Tehisintellekt + BIM (AI BIM):**

- Automatiseeritud protsessid (sh eeltootmise ning kohapealse tootmise tähenduses)
- BIM suurandmete tähenduses
- Tehisintellekti kasutus disainis, ehitamises ning mudeli kontrollimisel
- Tark linn, GIS ja BIM integratsioon

**TAL
TECH**

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn,

taltech.ee