

fra Skitsebaseret Design til Computational BIM

Allan Clausen

Thomas Skytte Hedemand Poulsen

Sat på spidsen ...



Kandidatspeciale

Aalborg Universitet
Bygningsinformatik
2016



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

fra Skitsebaseret Design *til* Computational BIM

Objektdesign med Dynamo

I perioden September 2015 til Januar 2016

4. semester kandidatspeciale

30 ECTS point

Forfattere:



Allan Clausen

studie nr.: 20140597

mail@denvers.dk / 60227670

dk.linkedin.com/in/allanclausen



Thomas Skytte Hedemand Poulsen

studie nr.: 20120025

thomasskyttepoulsen@gmail.dk / 51889316

dk.linkedin.com/in/thomasskytte

Aalborg Universitet

Studienævn for Byggeri og Anlæg

cand.scient.techn - bygningsinformatik

Vejledere:

Kjeld Svidt (hovedvejleder)

Rasmus Lund Jensen (bi-vejleder)

Institut for Byggeri og Anlæg

Synopsis

Denne rapport er udarbejdet ved Aalborg Universitet, som et kandidatspeciale for Bygningsinformatik.

Rapporten arbejder med en løsningsmodel for begrænsninger ved arbejdet med Autodesk Revit. Systemet opbygges med afsæt i Dynamo og Excel og giver en prototype løsning på et problem.

Systemet udvikles ud fra en analyse og bearbejdningsproces med afsæt i Contextual Design metoden.

Der er for løsningen søgt viden hos faglige virksomheder, hvilke også har tilkendegivet en positiv respons på den færdige løsningsmodel.

Digital publicering (PDF)

Udgivelsesdato: 2016.01.06

Sideantal: 105 sider

6 Bilag

7 Appendiks

FORORD

Denne rapport er udarbejdet som et kandidatspeciale til uddannelsen Bygningsinformatik (Cand.Scient.Techn) ved Aalborg Universitet, Januar 2016.

Rapporten har til formål at undersøge konkrete problemer med arbejdet i Autodesk Revit i relation til bygningsmodellering og parametriske modellering. Hvor problemer opleves, analyseres årsagerne og potentielle løsninger beskrives. Der arbejdes med Dynamo som løsningsværktøj, med henblik på udarbejdelse af en prototype som rapportens produkt.

For en søgning efter problematikker ved Revit, udføres en undersøgelse af flere virksomheder. Den indsamlede data ligger til grund for valg af hovedproblem, og en løsning udføres med henblik på at virksomhederne kan relatere sine problemer til løsningen.

Titlen på rapporten lyder: "fra Skitsebaseret Design til Computational BIM" og henleder opmærksomheden mod en udvikling i projekteringsmetode. Hvor den traditionelle tilgang betegnes som skitsebaseret, søges der mod en løsning der beskrives som Computational BIM. Undertitlen lyder: "Objektdesign med Dynamo" og beskriver rapportens produkt, som et objektdesign der udføres med Dynamo.

Rapporten henvender sig direkte til professionelle rådgivere og teknisk interesserede der har lyst til at tilegne sig ny viden om Dynamo som teknologi- og designværktøj.

Der skal lyde en stor tak for vejledning gennem semestret til:

Kjeld Svidt (AAU)
Rasmus Lund Jensen (AAU)

Rapportens grundlag i form af interviews for dataindsamling, er sket i samarbejde med flere virksomheder. Rapportens forfattere ønsker at takke følgende:

Erik Falck, DTU
Mads Holten Rasmussen, ALECTIA
Tonni Elkjær, Søren Jensen
Søren Sti Andersen, NIRAS
Steffen Maagard, MOE
Peter Lind Johansen, MOE

Dato: 2016.01.06

Rapportens forfattere:



[Allan Clausen]



[Thomas Skytte Hedemand Poulsen]

RESUME

Rapporten indledes med en betragtning af den danske byggebranche anno 2015. Det beskrives hvordan der med paradigmeskiftet fra 2D dokumentbaseret projektering til 3D objektbaseret, er sket en teknologisk udvikling. Der opleves imidlertid udfordringer med arbejdet med Autodesk Revit som det primære BIM-værktøj for objektbaseret parametriske modellering. Disse udfordringer søges gennem rapporten løst med Dynamo, hvilket leder hen mod den initierende problemformulering:

"Hvordan kan Dynamo løse virksomheders oplevede problemer med bygningsmodellering i Revit og ændrer det på et eksisterende workflow ved projektering?"

Gennem en problemanalyse undersøges virksomhedernes oplevede problemer og et nøgleproblem udvælges som genstandsfelt for den senere bearbejdning. Dynamo undersøges som værktøj, og der udvikles eksempler på løsning af problematikker, som argument for at det kan løses med Dynamo. Ud af analysen belyses det, hvordan man kan beskrive anvendelsen af Dynamo for en automatiseret proces, som et arbejde med Computational BIM. I forhold til traditionel projektering som en skitsebaseret proces, gives der eksempler på potentialer ved at anvende ny teknologi som middel til et optimeret workflow.

Der undersøges specifikt hvordan Dynamo kan løse en opgave med at optimere et workflow omkring et dimensionerende varmetab og et automatiseret design af bygningsobjekter. Dette problem er skrevet direkte ind i rapportens endelige problemformulering:

"Hvordan kan der med Dynamo udføres et automatiseret workflow med varmetabsberegning og design af bygningsobjekter?"

Resultatet af rapportens bearbejdning er udviklingen af en prototype, der besvarer problemformuleringens hovedspørgsmål. Gennem Contextual Design metoden arbejdes der med udvikling af et system, hvor konceptuelle modeller og sekvens beskrivelser anvendes som storyboard for den endelige løsning.

Arbejdet med Dynamo giver en indikation af, at der ikke kræves programmeringserfaring, for at kunne udvikle simple og mindre komplicerede løsninger.

Afslutningsvis konkluderes det at den udviklede prototype skaber et optimeret workflow for faggrupperne ved projektering, samt udfører en automatiseret proces af en varmetabsberegning. Prototypen skal ses netop som en udvikling af løsning, og ikke et færdigt system. Kernen for løsningen har været at udføre et proof-of-concept, hvor funktionaliteten af Dynamo undersøges. Konklusionen er at Dynamo egner sig til at tage over, hvor der opleves problemer med funktionalitet i Revit.

Som implementering og perspektivering omtales vigtigheden for virksomheder i at følge nye teknologier og tillære sig egenskaber for disse. Det kan betyde meget for en virksomhed, dels at være parat til mulige paradigmeskift eller nye teknologier, og dels for at give dem en competitive edge.

ABSTRACT

The report begins with a reflection on the Danish construction industry anno 2015. It describes how the paradigm shift from 2D document-based design to 3D object-based, has caused a technological development. Challenges are however experienced when working with Autodesk Revit as the primary BIM tool for object-based parametric modeling. These challenges are through the report sought to be solved by using Dynamo, which lead towards the initiating problem formulation:

"How can Dynamo solve the current problems experienced by companies when using Revit for building modeling and change an existing workflow for design?"

Through a problem analysis several companies experienced problems are examined from where a key-problem is chosen as a field for later processing. Dynamo is investigated as a tool, and examples of solving problems are developed that argument that it can be solved with Dynamo. Out of the analysis, it is emphasized how to describe the use of Dynamo for an automated process as a work in Computational BIM. Compared to traditional design as a sketch-based process provides examples of the potential of using new technology as a means to an optimized workflow. It specifically examined how the Dynamo can solve a problem of optimizing a workflow around a dimensioning heat-loss and an automated design of building objects. This issue is written directly into the report's final problem-formulation:

"How can Dynamo be used to perform an automated workflow with heat-loss calculation and design of building objects?"

The result of the report processing is the development of a prototype that answers the problem-formulation main issues. Through the use of Contextual Design methodology a system in which conceptual models and sequence descriptions using as a storyboard for the final solution is developed. Working with Dynamo gives an indication of that no programming experience is required in order to develop simple and less complex solutions. Finally, it is concluded that the developed prototype creates an optimized workflow of professions by design, as well as performing an automated process by a heat-loss calculation. The prototype should be seen just as a developing solution, and not as a complete system. The core of the solution has been to perform a proof-of-concept where the functionality of Dynamo is examined. The conclusion is that Dynamo is suited to take over where functionality problems are experienced in Revit.

As implementation and perspectives discussed the importance for companies to follow new technologies and learning compulsive, their properties. It can mean a lot to a company and to be prepared for possible paradigm shift or new technologies, and partly to give them a competitive edge and.

STRUKTUR OG ARGUMENTATION

Denne rapport tager udgangspunkt i at afrapportere udviklingen af en prototype. Den søges at være så let læselig og logisk opbygge som muligt. Læseren skal uden de store anstrengelser kunne se pointerne, og til sidst genkende indholdet af konklusionen og perspektivering. Den metodiske tilgang forfatterne har valgt til at besvare problemformuleringen er Contextual Design. Metoden er opdelt i flere steps, hvilket hjælper forfatterne og læseren til, at forstå rapporten som overskuelig og struktureret.

Indledningsvis ses en bred indgangsvinkel, hvorefter rapportens arbejdsområde gradvis indsnævres, bliver behandlet og konkretiseret.

Udgangspunktet for rapporten er en generel problemstilling, der formuleres som en initierende problemformulering. Denne danner yderlig grundlaget for at tale med folk om de problematikker de oplever i virksomhederne. Problemanalysen tager udgangspunkt i at analysere de indsamlede problematikker og behandle dem så de er klar til videre bearbejdning. For denne laves en endelig problemformulering.

Med udgangspunkt i den endelige problemformulering, vil forfatterne i bearbejdnings afsnittet primært med Dynamo, Revit og Excel udvikle, designe og kode en prototype der besvarer den endelige problemformulering. Den sidste del af bearbejdningen er en implementerings strategi, fokuseret på hvorledes systemet kan implementeres i en virksomhed.

Rapportens afslutning vil være en konklusion, der besvarer problemformuleringen. Dertil vil der udføres en perspektivering af systemopsætningen. Endvidere vil der perspektiveres, især i forhold til hvordan en bygningsinformatiker kunne bidrage til udførelse/implementering af en systemopsætningen og den fremtidige behandling af systemet.

Figur og tabel henvisninger i rapporten vil være angivet med en tilhørende tekst. Figur nummeret er bygget op efter overskrift og forekomst, og anvendes som direkte henvisning i rapportens tekst. Nedenstående, gives et eksempel på et figurnummer.

FIGUR 1.3-1

'1.' henviser til overskriftens niveau. '.3' henviser til afsnittet og '-1' viser at det er den første forekomst af figuren i afsnittet.

Kilde Henvisning

Alle kildehenvisninger bliver behandlet efter Harvard litteraturstilen. Litteraturen viser kilden ved navn og det efterfølgende årstal for kildens udgivelse – (Navn, Årstal).

I rapportens sidste del, findes en samlet oversigt over anvendte kilder som en litteraturliste.

Bilag Henvisning

Alle henvisninger til bilag bliver fremstillet som, eksempel: **Bilag 3 - Beregningsmodel, Excel**

Appendiks Henvisning

Alle henvisninger til appendiks fremstilles som, eksempel: **Appendiks 2 – Interviewguide**

1	INTRODUKTION.....	9
1.1	Indledning.....	10
1.2	Problemstilling	12
1.2.2	Initierende problemformulering.....	14
1.3	Teori & Metode	15
1.3.1	Videnskabsteori	15
1.3.2	Empirisk indsamling.....	16
1.3.3	AnalyseMetoder	18
1.4	Kilde og metodekritik.....	21
2	PROBLEMANALYSE.....	22
2.1	Dataindsamling.....	23
2.1.1	Indledende undersøgelse	23
2.1.2	Analyse af indsamlede problematikker.....	27
2.1.3	Viderebehandling af arbejdsområde	33
2.2	Teknologisk ramme	35
2.2.1	BIM som proces og metode.....	35
2.2.2	Anvendt BIM i byggebranchen	37
2.2.3	Begrænsninger af Teknologiske værktøjer	39
2.2.4	Muligheder for programmering og bygningsmodeller.....	40
2.3	Eksempel på Dynamo script.....	53
2.3.1	Forbedret workflow ved projektopstart.....	53
2.4	Endelig Problemformulering.....	54
2.4.1	Afgræsning	55
3	PROBLEMBEARBEJDNING.....	56
3.1	Forudsætninger for problemløsning	57
3.2	Konceptuel løsning.....	59
3.2.1	Potential løsning med Dynamo	60
3.2.2	Sikring af konsistens af data	62
3.2.3	sekvensmodel for et samarbejde	64
3.3	Udvikling af løsning.....	65
3.3.1	User Environment Design	68
3.3.2	Udvikling af Prototype i Dynamo	75
3.4	Implementeringsstrategi	89
3.4.1	Institutionel Theory	89
4	KONKLUSION & PERSPEKTIVERING	96
4.1	Konklusion	97

4.2	Perspektivering	99
5	REFERENCER.....	100
5.1	Litteraturliste	100
5.2	Figur- og tabelliste	102
6	BILAG	104
6.1	Bilag 1 - Dynamo Eksempel - Forbedret workflow ved projektopstart	104
6.2	Bilag 2 - Bygningsmodel for prototype	104
6.3	Bilag 3 - Beregningsmodel, Excel.....	104
6.4	Bilag 4 - Dynamo scripts (prototype)	104
6.5	Bilag 5 - Grafisk opstilling af worflow mellem Excel, Revit og Dynamo.....	104
6.6	Bilag 6 - Sekvensmodel af data udtræk fra design-bygningsmodel	104
7	APPENDIKS.....	105
7.1	Appendiks 1 - Interviewskabelon	105
7.2	Appendiks 2 - Interviewguide	105
7.3	Appendiks 3 - PR-materiale - præsentation af projekt.....	105
7.4	Appendiks 4 - Transkribering, Interview Søren Jensen	105
7.5	Appendiks 5 - Feltdagbog, Interview MOE A/S.....	105
7.6	Appendiks 6 - Feltdagbog, dialogmøde DTU	105
7.7	Appendiks 7 - Bruttoliste over indsamlede problematikker	105

KAPITEL 1

1 INTRODUKTION

Kapitlet vil starte med at give læseren en introduktion til rapportens arbejdsområde. Gennem indledning og problemstilling synliggøres det hvordan der sker en teknologisk anvendelse for danske byggebranche. Ud fra belyse problemer, opsættes en initierende problemformulering, der har til formål at danne grundlag for en senere analyse.

For den samlede rapport gennemføres en beskrivelse af de teoretiske og metodiske rammer. Det klarlægges hvordan der anvendes forskellige empiriske indsamlinger og både anerkendte samt egenudviklede analyse metoder.

Kapitlet afsluttes med en kilde og metodekritik, der beskriver de områder af rapporten hvori der kan fremsættes en påstand om en mindre validitet.

1.1 INDLEDNING

Et regeringsinitiativ begyndte i årene 2003-2006, et arbejde med at skabe oplysning for branchen. Der blev blandt andet formuleret en 3D-arbejdsmetode (BIPS 2006) der kunne skabe synlighed omkring mulighederne ved at gå fra et 2D dokumentbaseret arbejde til i større grad at arbejde med 3D og objektorienterede bygningsmodeller. Gennem udarbejdelse af "De 10 bygherrekrav"¹, blev oplysningen til branchen givet, og lagde en rettesnor for synet på IKT i byggeriet.

Regeringsinitiativet: "Implementeringsnetværket for Det Digitale Byggeri", igangsatte derefter i årene 2005 til 2011 et arbejde for at fremme digitaliseringen af den danske byggebranche (BIPS 2015). Ved blandt andet at udvikle de 10 bygherrekrav som bekendtgørelser for Information- og kommunikationsteknologi, fra år 2007 og frem (RETSINFORMATION 2013), skabtes en måde hvorved regeringen kunne fastlægge en retning for de bygværker der var omfattet af bekendtgørelserne, med et mål om at give en retning for en dansk branche.

I en stigende grad har den danske byggebranche indarbejdet disse nye arbejdsmetoder i deres praksis. Medlemsorganisationen BIPS, udførte i 2008 (umiddelbart efter introduktionen af den første IKT-bekendtgørelse) og i 2014 undersøgelser, for at afdække branchens anvendelse af hhv. Digitale arbejdsmetoder og Building Information Modeling (BIM) (BIPS 2008; BIPS 2014). Disse studier påviste i 2008 at der var en stigning i implementeringen af teknologiske værktøjer, men ikke noget signifikant. Først ved undersøgelsen i 2014 viste der sig klare tegn på en udvikling. Især omkring anvendelsen af 3D-arbejdsmetoder og et arbejde med BIM, viste sig en tendens til at den danske byggebranche havde tilegnet sig nye arbejdsmetoder.

At så mange virksomheder har tilegnet sig BIM som metode, kan tilskrives flere faktorer. Dels at der er udført tidligere beskrevne arbejder med oplysning i branchen, at der er talt omkring mulige økonomiske potentialer ved et digitalt byggeri og generelt at der sker en effektivisering inden for de enkelte virksomheders arbejde, som bygningsstyrelsen skriver:

"Data skal i højere grad kunne overføres og genbruges konsistent mellem byggeriets forskellige parter i alle faser af processen. Ved at byggeriets parter anvender fælles data, undgår man misforståelser og fejl, bedre sporing af byggevarer, øget innovation og bedre dialog. På den måde kan der skabes højere produktivitet og kvalitet."
(BYGNINGSSTYRELSEN 2015)

De økonomiske potentialer ved et digitalt byggeri ved anvendelse af BIM for forskellige fagdiscipliner er dokumenteret gennem casestudier (VESTERGAARD ET AL. 2012). Men selvom de økonomiske potentialer er beskrevet, og implementering af BIM som metode er godt undervejs, ses der ved undersøgelsen i 2014 (BIPS 2014), at der til stadighed efterspørges mere viden omkring BIM. Der er i branchen opstået en bevidsthed omkring potentialerne af de nye arbejdsmetoder, men der efterspørges mere konkret viden og kompetencer til at opnå en fuld udnyttelse.

¹ <https://www.retsinformation.dk/forms/R0710.aspx?id=27419>

En af årsagerne til efterspørgslen af mere viden, kan være en reaktion på paradigmeskiftet fra 2D dokumentbaseret projektering til objektbaseret 3D projektering med BIM. Der ses herved klare indikationer på at der er en forskel i arbejdet med *at tegne* og arbejdet *at modellere*. Hvor arbejdet med at tegne fungerer ved at skitsere løsninger og designvalg, vil et modelleringsarbejde i større grad ligge op til dannelse af objekter ud fra informationer og egenskabsdata. Objekterne, der er parametriske giver mulighed for relationer til andre objekter og en umiddelbar intelligens, som en statisk 2D dokumentbaseret tegning ikke har. Det handler altså ikke længere om at skitsere løsninger i 2D, men at tænke informationer og data ind i billedet, der udover at kunne anvendes ved produktion af 2D tegninger også anvendes til at styrke kommunikationen og konsistensen af projekterne (bygningsmodellerne).

I tankegangen omkring arbejdet med at tegne kontra at modellere, ligger også forklaringen på rapportens første del af titlen, et skitsebaseret design. Hvad enten der tegnes eller modelleres, vil der med de teknologiske værktøjer udføres forskellige designvalg, på grundlag af manuelle handlinger. En skitseret løsning forsøges anvendt og vurderes, for derefter at blive implementeret eller forkastet. Herefter udføres der et nyt design valg, der gennemgår samme proces. Den lineære proces betyder, at for at udføre et alternativt design, skal den samlede proces starte forfra. En modsætning hertil ses som automatiserede og iterative processer, hvor teknologien anvendes til at udføre en række iterationer af designvalg, for om muligt at finde det bedste valg eller tilpasse en løsning ud fra en kontekst.

1.2 PROBLEMSTILLING

Som arbejdsmetode- og proces indebærer BIM et arbejde med virtuelle bygningsobjekter og bygningsmodeller - hvilket direkte er en udførelse af parametriske modellering. Det synliggøres gennem indeværende afsnit hvordan der for udførelse af automatiserede processer findes et behov for en større funktionalitet, end de nuværende teknologiske værktøjer tillader.

For rapportens arbejdsområde gælder der et overordnet fokus på et paradigmeskift. Det er forfatterens holdning at der er sket et paradigmeskift, fra det tidligere beskrevne 2D dokumentbaserede arbejde frem til projektering med BIM som metode. Men yderligere ses der også en ny udvikling fra det skitsebaserede arbejde, til et mere automatiseret arbejde hvor nye teknologier udnyttes. Nedenstående beskrives dette som:

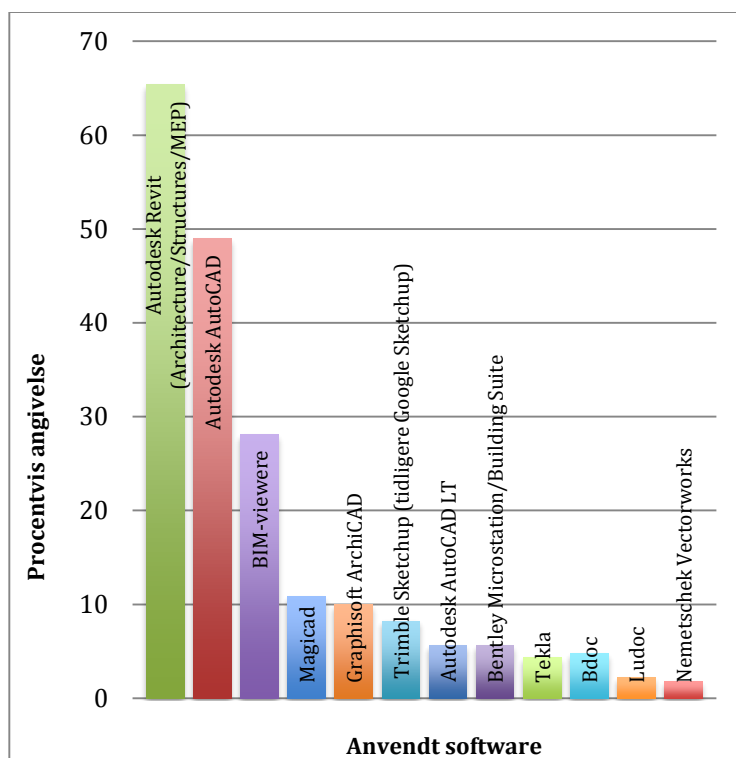
“fra i en årrække at have udført skitsebaseret design, hvor der manuelt afprøves forskellige designvalg indtil et valg kan træffes, til i større grad at arbejde med et funktionsbaseret design genereret af automatiske processer.”

Her gælder det at der arbejdes med parametriske modellering, i en sådan grad at der udføres funktionsdesign, hvor teknologiske værktøjer udfører beregninger, simuleringer og analyser gennem iterative processer.

For udførelse af disse automatiserede processer, lægges der op til en undersøgelse af hvorvidt de mest anvendte teknologiske værktøjer har den tilstrækkelige funktionalitet. Ved et teknologisk værktøj tages udgangspunkt i den ønskede funktion af programmet. Virksomheder træffer generelt deres valg af værktøj ud fra specifikke kriterier. Det gøres oftest ud fra en betragtning af, om de ønsker et design værktøj eller et simuleringsværktøj m.v.. Anerkendte teknologiske værktøjer, såsom ArchiCAD, Revit, AutoCAD LT, Sketchup etc., fungerer som et design værktøj, der giver mulighed for at udføre geometrisk formgivning. Af disse, vil eksempelvis ArchiCAD og Revit, besidde en kombination af et design værktøj og et simuleringsværktøj. Der gives i disse en mulighed for at udføre forskellige simuleringer (solstudie, energianalyser, vindstudier m.fl.), hvorfor disse værktøjer ofte anvendes til at udføre iterationer over tidlige designvalg. Men disse designvalg udføres i dag som manuelle handlinger af personen der arbejder i programmet (NEGENDAHL 2015).

Teknologiske værktøjer som ArchiCAD og Revit, indeholder dermed en funktionalitet til at udføre simuleringer, men ikke direkte til at træffe valg ud fra prædefinerede kriterier. For udførelse af automatiserede processer og som tidligere omtalt, udførelse af et funktionsdesign, vil de omtalte værktøjer derfor ikke opfylde alle behov. For rapportens videre arbejde, vil der undersøges hvordan en teknologisk løsning kan findes, ved at forlænge funktionaliteten af et af disse værktøjer.

For udvælgelse af et teknologisk værktøj, findes det relevant at vælge det mest anvendte, hvorfor en undersøgelse af dette igangsættes. Grundlaget for valget ses i statistikken vist på **Figur 1.2-1**, en undersøgelse udført af BIPS i 2014 (BIPS 2014). Figuren illustrerer den procentvise anvendelse af teknologiske værktøjer.



Figur 1.2-1 Anvendt teknologiske værktøjer, kilde (BIPS 2014)

Af figuren ses det at Autodesk Revit i stor grad er det foretrukne værktøj, ud fra den betragtning at vælge enten ArchiCAD eller Revit. En argumentation for valg at Revit som rapportens primære fokus, er dermed givet.

I relation til arbejdet med parametriske modellering, beregninger og simuleringer tages yderligere et valg om en fokusering på værktøjet Dynamo². Dette begrundes med at Autodesk som virksomhed er officiel ejer af disse værktøjer, og der vil derfor være en umiddelbart integration af disse med hinanden.

Dynamo ses som et værktøj der kan arbejde med parametriske modellering, ud fra en bygningsmodel i Revit. Gennem en visuel programmering, stilles det i udsigt at ikke-programmører kan lære at beherske værktøjet. For at komme nærmere en formulering af problemområdet for rapporten undersøges det i efterfølgende afsnit hvorledes parametriske design og Dynamo har en relation.

² Autodesk Dynamo – visuelt programmerings værktøj (www.dynamobim.com)

1.2.2 INITIERENDE PROBLEMFORMULERING

Dette afsnit stiller direkte fokus på den automatiserede parametriske modellering som et paradigmeskift fra traditionel skitsebaseret projektering. Hvilke potentialer ses der ved dette arbejde, og findes der nye metoder til at skabe et mere effektivt byggeri. Konkret arbejdes der med at afsøge en initierende problemformulering, for at belyse en mulig løsning, for at give mulighed for udvidet funktionalitet i Revit.

At udføre parametrisk design, er i ordenes betydning *at modellere med parametre*. Det er en proces med at designe bygninger ud fra et arbejdsmiljø, hvori iterationer af designvalg kan simuleres eller udføres uden en særlig indsats (BARRIOS HERNANDEZ 2006). Det gælder om at skabe et miljø, hvor enkelte manuelle handlinger bliver erstattet af automatiske og flerforekomst handlinger. Parametrisk design udføres typisk ud fra en visuel og grafisk repræsentativ model, der forudsættes at være objektorienteret og parametrisk.

Det er tidligere beskrevet hvordan en bygningsmodel, i en byggebranche, ses at være opbygget af parametriske objekter. Heri ligger en betydning også, at bygningsobjekterne er parametrisk styret, hvilket vil sige at en ændring i en parameter værdi, vil udbredes til alle forekomster af dette bygningsobjekt. Netop her beskrives hvad parametrisk design er, at kunne styre parametre enten alene eller i forhold til andre parametre, og derved skabe en form for algoritme. Denne form for beregning kaldes ofte også for '*computational design*', '*generative design*' eller '*algorithmic design*' (LEACH 2014)(GÜN ET AL. 2012).

I forhold til anvendelsen af parametrisk design, er der stor forskel på om en bruger er klar over han anvender det eller ej. For en arkitekt der arbejder med en kompleks geometri, kan denne anvende parametrisk design (eksempelvis med Dynamo), som en metode til bevidst og subjektivt at manipulere med en geometrisk form. Hvorimod, en projekterende bygningskonstruktør der arbejder med en bygningsmodel, ikke konstant tænker over at han udfører parametrisk design, når han eksempelvis ændrer en egenskabsværdi for et bygningsobjekt.

Der er altså stor forskel dels på anvendelsen men dels også på styringsmetoden. Konstruktøren tænker ikke over det, han ændrer blot en egenskabsværdi så bygningsobjektet er tilpasset dennes krav. Arkitekten derimod, har givetvis selv designet den algoritme der skaber den komplekse geometri, og han manipulerer med parameter værdier gennem flere design forslag.

I forlængelse heraf, kan det for at fokusere på en løsningsmulighed for de beskrevne begrænsninger, undersøges om algoritmer og Dynamo kan udtrykke det behov for løsning gennem automatiserede processer for analyser, beregninger og iterationer. Dette arbejde indledes gennem en initierende problemformulering, der har til formål at undersøge hvordan virksomheder opfatter begrænsninger ved arbejdet med Revit:

"Hvordan kan Dynamo løse virksomheders oplevede problemer med bygningsmodellering i Revit og ændrer det på et eksisterende workflow ved projektering?"

1.3 TEORI & METODE

I dette afsnit vil der blive beskrevet hvilke metoder der vil blive brugt til at indsamle viden samt hvordan denne viden bliver behandlet og fortolket. Målet med metoderne er at opnå en stærk og ensartet valid struktur, som fremhæver og synliggør rapportens pointer og formål.

1.3.1 VIDENSKABSTEORI

Den traditionelle videnskabsteoretiske tilgang der tages til for rapport beskrives i indeværende afsnit. Der vil også blive beskrevet hvordan indsamlingen og behandlingen af empiriske data vil foregå, for at opnå et ønsket resultat.

Videnskabsteorien:

”... beskæftiger sig ligeledes med vores opfattelse af data og vores videnskabssyn, der bevidst eller som oftest ubevidst bestemmer alle de underliggende antagelser, vi tager for givet, noget man også kan betegne som fordomme eller for-forståelser”
(THURÉN 2008)

Tilgangen til en undersøgelse kan være forskellig, alt efter hvilken person der skal lave undersøgelsen, eller hvilken undersøgelse der skal laves. Der skelnes mellem om der tages en naturvidenskabelig eller en samfundsvidenskabelig tilgang til en undersøgelse. Denne rapport vil tage udgangspunkt i den samfundsvidenskabelige tilgang, og denne tilgang kendetegnes hovedsagelig ved 2 indgangsvinkeler.

1. Samfundsvidenskab anvender fortolkende metoder til at forstå og indleve sig i menneskelige situationer.
2. Samfundsvidenskaben bruger naturvidenskabelige metoder til at klarlægge årsagssammenhænge, som senere kan afprøves af andre forskere.

Det første punkt i ovenstående liste, beskriver hvordan undersøgelsen prøver at forstå, når det kommer til interagere med nøglepersoner inden for undersøgelsens område. Forfatterne bevæger sig inden for den hermeneutiske metode i forbindelse med samfundsvidenskab. Når der indsamles empiriske informationer ved interview eller observationer, er det fordi man søger en større indsigt, og man vil skabe større forståelse.

Det andet punkt i det ovenstående afsnit, handler omkring hvordan rapporten forklares. Det gøres ved at bruge den hypotetiske deduktive metode, hvor der opstilles underliggende hypoteser, som illustrerer en undren hos forfatterene.

1.3.2 EMPIRISK INDSAMLING

Primær empiri

Den primære indsamling af information, vil foregå gennem relevant kontakt med nøglepersoner, der kan hjælpe med at løse og definere rapportens undersøgelse, og senere hjælpe til med besvarelsen af problemformuleringen. I starten af undersøgelsen, vil det være svært og unødvendig at strukturere interviews og observationer, her startes der med brede rammer, hvor forfatterens hovedopgave, er at lytte, observere og stille opklarende spørgsmål. Hovedformålet i starten af undersøgelsen er at få bekræftet eller afkræftet hypoteser og teorier. Eftersom forfatterens for forståelse stiger, og undersøgelsens struktur bliver mere og mere fast, vil kontakten til nøglepersoner også blive mere struktureret og konkret. Alt den indhentede empiri, vil i sidste ende blive et resultat af en kvalitativ undersøgelse. For rapportens undersøgelse, vil der blive udført *Contextual Inquiry*, ud fra Contextual Design metoden (HOLTZBLATT 1998; HOLTZBLATT & BEYER 2015)

Den kvalitative undersøgelse, er god til at hjælpe med at forstå nye områder. Forfatterens viden omkring parametriske modellering i almindelighed er stor, men når det kommer til design bygget på matematiske algoritmer som regelbaseret design, generative design, computational design og parametriske design, er forfatterens viden mere begrænset. Her er den kvalitative undersøgelse et rigtig godt værktøj. Den kvalitative undersøgelse giver mulighed for flere subjektive informationer, som kan analyseres og bruges til at udbygge, den for rapporten relevante viden, og hjælpe til at løse problemformuleringen.

Der er udarbejdet en interview-skabelon, og en interview-guide, der giver en stærk platform for at skabe en ensrettet struktur af interviewene. Det giver de bedste forudsætninger for et validt ensartet output, til det kvalitative Interview. (jf. **Appendiks 1 – Interviewskabelon**)

Der vil blive udført feltdagbøger af samtaler i det omfang, det findes nødvendigt i forbindelse med fremføring af pointer og citater. Alt hvad der bliver brugt i rapporten fra interviewene vil blive godkendt af dem der har udtalt sig, for at sikre validiteten og at den indsamlede empiri ikke er taget ud af den forkerte kontekst. Feltdagbøger findes som Appendiks.

Sekundær empiri

Et litteraturstudie af artikler og faglitteratur, er en generel metode til at lave et forstudie, der sammen med den primære empiri enten underbygger eller nedbryder de hypoteser der tidligt er opstillede. Senere i processen bruges litteraturen til at underbygge undersøgelsens pointer og formål. Så betydningen af den primær og den sekundære litteratur vil være den samme, fordi de stille og roligt sammenflettes, og via den kvalitative metode bliver der skabt en større forforståelse.

Når rapportens problemformulering og struktur er på plads, vil litteraturstudiet blive brugt til at nå et så højt som mulig taksonomisk videns niveau for rapportens undersøgelse, "*standing on the shoulders of giants*"-Newton.

Litteraturens validitet er i højsædet, derfor bruges der en kildekritisk metode hvor de nedenstående kriterier er opsat for den litteratur der anvendes i denne rapport.

- Kildens faglige status
- Kildens samlede indhold, formulering og troværdighed
- Forfatterens troværdighed.
- Forfatterens faglighed.
- Kildens kontekst.
- Kildens alder

Tertiær empiri

Den tertiære empiri beskrives som den fagrelevante viden forfatterne har erhvervet sig på Aalborg universitet og gennem uddannelsen som Bygningskonstruktør. Denne viden danner grundlag for en kritisk vurdering og tilgang til problemløsning.

1.3.3 ANALYSEMETODER

For at kunne behandle den konkrete indsamlede viden gennem rapportens undersøgelse, har forfatterne selv udviklet en metode for analyse. Denne beskrives som:

Udførelse af en dataindsamling sker over faserne: *idé, fokusering og strukturering*. Opstarten gennem *idéfasen*, udføres som en afsøgning af faglig viden gennem samtaler og litteraturstudie. Gennem *fokuseringsfasen*, undersøges det nærmere hvorledes teknologi kan anvendes som løsning på opståede problematikker for rapportens arbejdsområde. *Struktureringsfasen* afslutter dataindsamlingen, ved at afsøge et netværk af virksomheder og direkte udføre indsamling af problematikker for bearbejdning. For disse virksomheder vil der udføres interviews for en konkret dataindsamling, hvortil en anvendt metode beskrives i senere afsnit som Contextual Design. Den totale dataindsamling af virksomhedernes udfordringer/problematikker, udgøres af en bruttoliste.

Metode for udvælgelse af arbejdsproblematik

I 4 trin vil metoden for udvælgelse af hovedproblematik, arbejdes der fra *grovsortering*, gennem *kategorisering*, til *udvælgelse* og slutter med *redefinering*.

En *grovsortering* af bruttolisten sker ud fra definerede kriterier og har til formål at snævre mængden ind. Med en *kategorisering* findes sammenhænge og overensstemmelse i problematikker, med henblik på at eliminere beslægtede problematikker. Selve *udvælgelses* trinnet indeholder en argumentationsproces og *redefineringstrinet* vil afslutningsvis definere rapportens hovedproblematik.

Analysemetode for rapportens problemformulering

Contextual Design (CD) anvendes som en metode der er centreret omkring brugere af systemer. Metoden undersøger helheden og arbejder systematisk med design af et nyt eller forbedrende produkt. Ud fra analyser, dels af en eksisterende problematikker men dels også deres kontekst, kan der opstilles forskellige miljøer og scenarier, der kan anvendes som datagrundlag og dokumentation for arbejdet med produktudvikling. CD arbejder med en række faser, der sekventielt gennemarbejdes og udgør det samlede grundlag for udvikling, dels af prototyper men i sidste ende også af det nye system. (HOLTZBLATT, BEYER 2015)

For rapportens *problemanalyse* arbejdes der med faserne fra CD:

- Contextual Inquiry
- Interpretation
- Data consolidation
- Visioning

Contextual Inquiry

- Indledningsvis gennem idé- og fokuseringsfasen indsamles dybdegående feltdata og litteratur som en forudsætning for at kunne udføre præcis bruger design og udvikling af produkter/systemer tilpasset et brugerbehov. Indsamlingen sker ud fra rapportens initierende problemformulering.
- Gennem struktureringsfasen, indsamles mere præcis data gennem interviews, hvor konkrete problematikker indsamles og behandles.
- En viderebearbejdning af problematikker udføres, og der suppleres med opfølgende interviews, med et mål om at finde en endelig problemformulering for rapporten.

Interpretation(fortolkning)

Forskellige modeltyper anvendes i forbindelse med fortolkningen af de udførte interviews. Modellerne udføres af interviewerens umiddelbart efter interviewet, således alle observationer er i frisk erindring. Modellerne vil dernæst introduceres for interviewerens og/eller gruppen, og en konsolidering af forskellige fortolkninger vil forekomme. For rapporten udføres der feltdagbøger som resume af interviews hvor udtalelser kan indgå som argumentation. De forskellige modeltyper der anvendes, ses nedenstående:

Sekvensmodeller, viser de konkrete skridt en bruger har taget for at færdiggøre en opgave.

I forhold til det specifikke interview, og undersøgelsens område, vil eksempelvis konceptuelle modeller kunne anvendes som en form for mindmap. Når der eksempelvis udføres en undersøgelse, for at forbedre et workflow omkring beslutningsprocesser vedrørende indretningen af et rum i en bygning, vil der kunne opstilles alternative beslutningsmodeller, der er specifikke for en byggebranche.

Data Consolidation

Gennem Contextual Inquiry, er der indsamlet specifikke og dybdegående data omkring en brugers udtalelser under interviewet. Gennem forskellige fortolknings sessioner, vil datagrundlaget i stigende grad have større validitet, da forskellige menneskers oplevelser debatteres og ajourføres. Dette udføres som en dialog mellem interviewer og informant, hvor informaten løbende godkender en tolkning.

En yderligere konsolidering af data sker i denne fase, hvor data fra de enkelte undersøgelser sammenholdes. På denne måde er konsolideringsfasen en stor drivkraft, i at udvikle et fælles narrativ for en brugertype eller brugergruppe. Ud fra denne konsolidering, er rapporten i besiddelse af et validt design grundlag, og et grundlag for selve udviklingsarbejdet.

Visioning

Ud fra den udførte konsolidering vil alle undersøgelsens fremhævede problematikker være synlige. Ved opstart af visioningsfasen, vil grundlaget være en udført delkonklusion af rapportens initierende problemformulering, hvor de største og væsentligste problematikker fremhæves, som kerneløsninger i det endelige produkt.

Gennem flere iterationer af modeller omkring nøgleproblematikker, udvælges væsentlige fokusområder i en redefineringsfase. Disse ses som problematikker der skal være løst ved et nyt produkt, for at sikre en umiddelbart succes.

For rapportens *problembearbejdning* gennemarbejdes følgende faser af CD:

- Storyboarding
- User Environment Design
- Prototype

Storyboarding

For at skabe en synlighed omkring selve visionen for det produkt der er under udvikling, vil storyboarding skabe et visuelt udtryk for en samlet forståelse. Ved at kæde de enkelte problematikker, gennem et narrativ sammen med en løsning – skabes en direkte og visuel sammenhæng og dokumentation.

User Environment Design

I forbindelse med visioningfasen, vil en stor mængde af ideer og konstellationer hurtigt træde frem, og mudre det generelle billede for frembringelsen af selve produktet. Det er derfor vigtigt, at udføre en detaljeret plan over selve produktet og det miljø det skal operere i. Gennem User Environment Design (UED), vil der udfærdiges modeller, der med al tydelighed skal vise hvordan en feature eller funktion er relevant for en bruger.

Ud fra modellerne udviklet i UED fasen, vil forskellige fokusområder for det nye produkt være synlige, og en plan for udvikling kan sættes i gang.

Prototype

En prototype af en løsning har den fordel, kontra et færdig udviklet system, at de er hurtige at lave flere versioner af. Det er en fordel at kunne arbejde dynamisk og teste forskellige use-cases ved en prototype, og arbejde agilt i sin udvikling, således design og funktion integreres gennem flere versioner.

1.4 KILDE OG METODEKRITIK

Formålet med afsnittet er at give læseren et indblik i forfatternes subjektive holdning til rapportens tilgang til undersøgelsens opbygning og valg af empiri. Det er også her at forfatterne kan se lidt tilbage og fortælle om, hvorfor man har taget nogle kritiske valg, som udfordre validiteten af rapportens undersøgelse.

Kildekritik

Kilderne som bruges i denne rapport anser forfatterne for at være pålidelige, da de fleste er videnskabelige undersøgelser, rapporter, artikler, tidsskrifter mv.

Meget af den primære empiri, er fundet gennem forfatternes netværk, hvor der potentielt kan stilles spørgsmålstejn til validiteten. Dog har forfatterne den holdning at ved faglige spørgsmål, vil en faglig relevant respons blive givet, og ikke være i relation til et socialt forhold mennesker imellem.

Metodekritik

Contextual Design er den primære metode, der anvendes i denne rapport. Det stemmer fint overens metodens oprindelige formål som er systemudvikling. Dette er netop også formålet med indeværende rapport.

Der har ikke været søgt efter tilsvarende eller lignede metoder, da denne metode er tillært gennem studiet ved bygningsinformatik uddannelsen i Aalborg Universitet. Forfatterne er blevet undervist i metode og fundet at den passer bedst på fagområdet.

Valg af case

Der var mulighed for at afprøve hypoteser og idéer af mulige løsningsforslag, på reelle byggeprojekter som blev fundet gennem forfatternes netværk.

Der var dog 2 vigtige ting at tage med i betragtning:

- 1) En tidsfaktor.
- 2) Komplexiteten af cases.

Tiden var en markant faktor i forhold til valget af case. Det at sætte sig ind i et projekt på mange tusinde m², udarbejdet af et team af faglige rådgivere, ville kræve alt for meget tid.

Komplexiteten er vigtigt for valg af case, da pointer ikke skulle sløres af kompleksiteten. Validiteten ville være høj hvis rapportens bearbejdnings afsnit baserede sig på en virkelig case fra erhvervslivet, men efter grundige overvejelser i samråd med vejledere, valgte forfatterne selv at konstruere en case, der stemte overens med problemformuleringen - selv om det gik lidt ud over validiteten.

KAPITEL 2

2 PROBLEMANALYSE

Indholdet af problemanalyse undersøger rapportens initierende problemformulering. Det beskrives og argumenteres igennem problemstillingen at der for Revit mangler noget funktionalitet for arbejdet med funktionsbaseret objekt-design.

Især i forhold til linket mellem de informationer der er lagret eksternt og internt, ses muligheden for at skabe en løsning med Dynamo.

Dette analyseres og vurderes gennem interviews med relevante virksomheder fundet gennem forfatterens og vejledernes netværk.

Gennem analysen, vil der ske en bearbejdning og en kondensering af den indsamlede data, for at besvare den initierende problemformulering. Den indsamlede information vil blive struktureret gennem en logisk metodisk egenudviklet analyse. Formålet heraf er at skabe et grundlag for en endelig problemformulering.

For rapportens sætter kapitlet fokus på den teknologiske ramme som løsningsmodellen udvikles indenfor. Ud fra forfatterens videngrundlag, formidles forskellige processer og metoder til læseren og en potentiel bruger af systemet. Det synliggøres endvidere hvordan en udvikling kan ske fra en skitsebaseret designproces, til i større grad at arbejde med Computational Design.

Den endelige problemformulering bliver produktet af problemanalysen og fremstår kort og præcis. Den danner grundlag for det senere kapitel om problembearbejdning, hvor målet er at udvikle et systemdesign med dynamo, der helt eller delvist løser et nøgleproblem, som forfatterne har fundet frem til gennem problemanalysen.

2.1 DATAINDSAMLING

Der udføres en indsamling af data med det formål at undersøge rapportens initierende problemformulering. Indsamlingen sker som en undersøgelse ud fra Contextual Inquiry, efter Contextual Design metoden. En bred indsamling som feltdata vil gennem afsnittet analyseres og senere danne grundlag for en bearbejdning. Afsnittet redegør for dataindsamlingen og hvorledes der sker en strukturering af data.

Der sættes i analysefasen fokus på at afsøge virksomheders mulige problemer med Revit. Det er vigtigt ikke at være fastlåst i en specifik retning, men åben for løsninger til alle problemer. Undersøgelsen vil blive udført som en blanding af strukturerede interview og andre mere frie samtaler/dialoger.

For rapportens undersøgelse, er nedenstående liste af informanter inddraget i samtaler:

- Kjeld Svidt, Lektor AAU - Vejledningsmøder (hovedvejleder)
- Rasmus Lund Jensen, AAU - Vejledningsmøder (bi-vejleder)
- Erik Falck, DTU Lyngby - Dialog omkring parametrisk modellering, Dynamo.
- Timo H. Nielsen, DTU Lyngby - Dialog omkring parametrisk modellering, Dynamo.
- Mads Holten Rasmussen - ALECTIA A/S (interview)
- Tonni Elkjær - Søren Jensen Rådgivende Ingeniører (Interview)
- Søren Sti Andersen - NIRAS (interview)
- Steffen Maagaard - MOE (interview)
- Peter Lind Johansen - MOE (interview)

2.1.1 INDLEDENDE UNDERSØGELSE

Grundlaget for indsamling af data deles over flere faser. For opstarten af undersøgelsen inddrages især viden fra vejledere, faglige uddannelser og relevant litteratur som en *idefase*. Herefter vil der ske en *fokusering*, hvor den indsamlede viden bliver problematiseret og danner grundlag for en interview-runde. Gennem en *struktureringsfase*, vil den indsamlede viden, der gennem fokuseringsfasen er omsat til konkrete nedslagspunkter for en undersøgelse blive struktureret og anvendt direkte ved interviews. Nedenstående beskrivelse af faserne synliggør yderligere indholdet:

Idefasen

I indsamlingens idefase undersøges eksisterende viden på området. Der tales hovedsageligt med rapportens vejledere for en overordnet strukturering af rapporten og retning for undersøgelsen. Af interviews udføres et studie ved DTU, hvor sektionslederen fra bygningsdesign *Erik Falck* interviewes. Det følges sideløbende en kursuslektion (*Advanced Building Information Modeling*) inden for bygningsmodellering, hvor nye teknologier introduceres. Gennem kurset, opstod muligheden for at tale med *Timo Harboe Nielsen*, der var en af underviserne på kurset. Han antages i undersøgelsen derfor for at være superbruger af visuel programmering, her i blandt Dynamo.

Fra dialogen med især Erik Falck (jf. **Appendiks 6 - Feltdagbog, dialogmøde DTU**) gav det rapportens forfattere en hurtig indføring i mulighederne med Dynamo. Det gav også en grundviden omkring den måde Dynamo arbejder på, hvad man kan og hvad der muligvis ikke kan løses. Der blev talt om forskellige begrænsninger i Revit som værktøj og en forståelse blev skabt af at Dynamo kan løse væsentlige begrænsninger ved Revit.

Fokusering

Ud fra idefasens undersøgelse specificeres det nærmere hvordan oplevede problemer kan løses ved hjælp af nye teknologier og især Dynamo. Der udføres sideløbende et litteraturstudie, og en teknologisk ramme påbegyndes. Ved det teknologiske værktøj Dynamo undersøges det hvorledes elementære og simple udfordringer i Revit kan løses. Det eftervises af forfatterne, dels for et mindre proof-of-concept, men også for at have eksempler at medtage til struktureringsfasen. Alle bearbejdnings gennem løsninger med Dynamo, vil blive beskrevet løbende, men der henvises primært til rapportens **afsnit 2.3** hvor der gives konkrete eksempler.

Strukturering

For struktureringsfasen udvælges virksomheder inden for forfatterens netværk ud fra et ønske om at opnå en spredning i faggrupper. Der tages primært kontakt til virksomheder med Ingeniør discipliner (konstruktion, VVS/Ventilation, Energi og Indeklima og Bygherrerådgivning) for at belyse ingeniørfagets diversitet. Der fokuseres på samme tid på at finde generiske løsninger, der kan ramme flere discipliner og potentielt skaleres.

Virksomheds kontakten i struktureringsfasen er sket som dialog og interview udført med følgende virksomheder og personer:

- Søren Jensen
- ALECTIA A/S
- NIRAS
- Tonni Elkjær (Konstruktion)
- Mads Holten Rasmussen (VVS/Ventilation)
- Søren Sti Andersen (Bygherrerådgiver)

Udførelse af interview og de efterfølgende udførte feltdagbøger, udgør rapportens empiriske indsamling og er kilden til den primære empiri for rapportens problemanalyse.

Fra struktureringsfasens udførte interviews blev virksomhedernes oplevede problemer med Revit indsamlet. Samlet set udgør indsamlingen en bruttoliste (henvises efterfølgende som 'bruttolisten').

Bruttoliste med problematikker

Af idefasens indledende dialog med Erik Falck, DTU blev der påbegyndt en kategorisering af udfordringer med Revit. Udfordringer der betyder at en funktionalitet ved Revit stopper eller mangler og Dynamo potentielt kan løse problemerne.

De endelige kategorier blev i struktureringsfasen, forelagt de interviewede virksomheder som oplæg til dialog om deres problemer med Revit og mulige løsninger med Dynamo.

Kategorier er som følger: *Workflow*, *Iteration*, *Interoperabilitet*, *Computation* og *Tjek*, hvilke nedenstående beskrives.

Workflow

Kategorien udgør de problematikker der vedrører et arbejde med bygningsmodellering. Det præciseres at et eksisterende workflow finder sted, som en række af handlinger eller sekvenser. For at kategorisere som en workflow problematik, skal der opleves fejl eller mulige potentialer for forbedringer af de manuelle handlinger der udføres.

Iteration

Kategorien iteration udgør en problematik omkring mulige automatiseringer af workflows eller handlingssekvenser. Eksempelvis, en problematik omkring udvælgelse af de 5 bedste varianter af 100 designs.

Interoperabilitet

Kategorien indeholder de problematikker der vedrører arbejdet med Autodesk Revit i sammenhæng med andre værktøjer. Når informationer eller data ønskes udvekslet med andre værktøjer, vil interoperabilitet dække det område der direkte handler om deres indbyrdes interaktion.

Computation

Kategorien computation omhandler de problematikker, hvor Autodesk Revit ønskes anvendt til at beregne eller analysere ud fra flere parametre eller egenskabsdata. Dette gælder både interne informationer fra bygningsmodellen og eksterne data som udvekslinger.

Tjek

Kategorien tjek forklares ved at være de problematikker der omhandler en mulighed for at anvende Dynamo, som værktøj til at kvalitetssikre eller verificere forekomster af parametre.

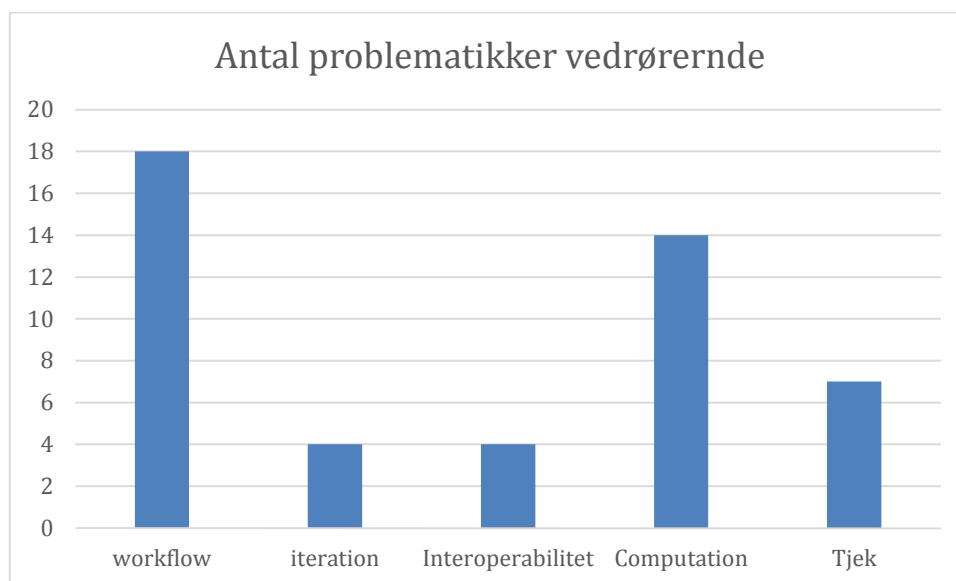
Ud fra den udførte dataindsamling er nedenstående **Tabel 2.1-1** opstillet med alle indsamlede problematikker (jf. **Appendiks 7 - Bruttoliste over indsamlede problematikker**).

Navn på problematik	Kategori				
	workflow	iteration	Interoperabilitet	Computation	Tjek
Automatisk generering af sheets i Revit	x		x		
Armering for anvendelse i beton	x	x	x	x	x
Lette elementvægge	x	x			x
Arbejdet med statik					
Radiatorliste	x			x	
Tegningsliste	x			x	
Rør-/ og kanalberegninger	x			x	x
Rør-/ og kanalisolering	x			x	x
Plandiagrammer					
Quantity takeoff	x			x	
Calculated parameters	x				x
Revit / Navisworks	x	x	x	x	x
Scope boxes	x			x	
Tjek af families	x			x	
Rum parameter fra linket fil	x				
automatisk generering af udsparinger for rør og gennembrydninger	x	x		x	x
Automatisk tag, med linked filnavn	x			x	
Automatisk tag og align alle tags i et view	x			x	
Automatisk generering af sections	x			x	
automatisk generering af bygningsmodel ud fra rhino model	x		x	x	

Tabel 2.1-1 Bruttoliste over indsamlede problematikker

Ud fra de indsamlede problematikker ses en umiddelbar tendens til at der er et sammenfald af problemer vedrørende workflow. Dette kan indledningsvis indikere, at der netop ved *arbejdet* med teknologiske værktøjer opleves udfordringer for selve de handlinger et menneske udfører.

Nedenstående **Figur 2.1-1**, illustrer yderligere hvordan mængden af problematikker inden for de forskellige kategorier opstilles.



Figur 2.1-1 Graf der viser antallet af problematikker vedrørende kategorier

Der ses klare indikationer af, at kategorier som *workflow*, *computation* og *tjek* oftest bliver nævnt, hvorfor en retning for den videre undersøgelse primært vil tage afsæt i disse.

2.1.2 ANALYSE AF INDSAMLEDE PROBLEMATIKKER

For at danne et grundlag for udvælgelse af et nøgleproblem for rapportens videre analyse, kondenseres den indsamlede information yderligere. Forfatterne har set det nødvendigt at udvikle en analysemetode for kondensering, der systematisk vil sortere, kategorisere, udvælge, og til sidst redefinere en samlet problematik.

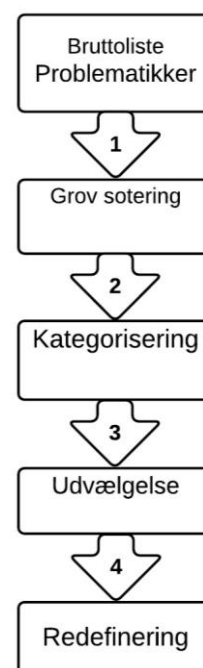
Metoden forudsætter at der er sket en indsamling af problemer for at danne den samlede bruttoliste beskrevet i forrige afsnit. Samlet set udgøres denne indsamling af en liste med 20 problematikker der ukritisk er beskrevet (jf. **Appendiks 7 - Bruttoliste over indsamlede problematikker**).

Metoden er bygget op med 4 trin og ses afbilledet gennem **Figur 2.1-2**, og beskrives efterfølgende:

Trin 1 er en grovsortering som udføres ud fra et kriterie: hvis problemer tidligere er lavet/løst, vil problematikken være for elementær til rapportens ambitions niveau eller på anden måde være uden for rapportens arbejdsområde.

Trin 2 analyserer ud fra de resterende problematikker hvorvidt der ses synlige fællesnævner, der giver anledning til en gruppering i nye kategorier (hovedproblematikker).

Trin 3 er en udvælgelses proces hvor der argumenteres for og imod, af hvilken af de sammensatte hovedproblematikker der har størst relevans for besvarelse af rapportens initierende problemformulering.



Figur 2.1-2 4 trin for redefinering af problematik

Trin 4 er en redefinering af hovedproblematikker og ses som den sidste del af denne analyse metode. Her beskrives resultatet af den kondensering der er sket. Det munder ud i en egentlig redefinering af rapportens hovedproblematik og vil på samme tid danne grundlag for rapportens videre behandling af et nøgleproblem.

Kondensering af problematikker

Analysemetoden for kondensering af bruttolisten udføres som tidligere beskrevet i 4 trin, som følger:

Trin 1 - Grovsortering

For grovsortering, vil bruttolisten inddeles efter kriterier angivet i signaturforklaring tilhørende **Figur 2.1-3**.

Indledningsvis sker en frasortering af følgende oplevede problemer:

1. *Automatisk generering af Sheets i Revit.*
6. *Tegningslister.*
14. *Tjek af families.*
16. *Automatisk generering af udsparinger for rør og gennembrydninger*
17. *Automatisk tag, med linked filnavn*
18. *Automatisk tag og align alle tags i et view*
19. *Automatisk generering af sections*
20. *Automatisk generering af bygningsmodel ud fra Rhino model*

Argumentationen for denne frasortering er at disse emner allerede er løst i forskellige udformninger, blandt andre gennem forskellige Add-ins til Revit.

Herudover frasorteres følgende problematikker med den begrundelse at forfatterne, ud fra den uddannelsesmæssige baggrund, ikke har den tilstrækkelige grundviden inden for dette område:

2. *Armering for anvendelse i beton.*
4. *Arbejde med statik.*
21. *Plandiagrammer*

De resterende problematikker, bliver produktet af grovsorteringen og vil indgå i rapportens videre arbejde med kategorisering og udvælgelse.

Bruttoliste med Problematikker

1. **Automatisk generering af sheets i Revit**
2. *Armering for anvendelse i beton*
3. **Lette elementvægge**
4. *Arbejdet med statik*
5. **Radiatorliste**
6. **Tegningsliste**
7. **Rør-/ og kanalberegninger**
8. **Rør-/ og kanalisering**
9. *Plandiagrammer*
10. **Quantity takeoff**
11. **Calculated parameters**
12. **Revit / Navisworks**
13. **Scope boxes**
14. **Tjek af families**
15. **Rum parameter fra linket fil**
16. **Automatisk generering af udsparinger for rør og gennembrydninger**
17. **Automatisk tag, med linked filnavn**
18. **Automatisk tag og align alle tags i et view**
19. **Automatisk generering af sections**
20. **Automatisk generering af bygningsmodel ud fra rhino model**

Signaturforklaring:

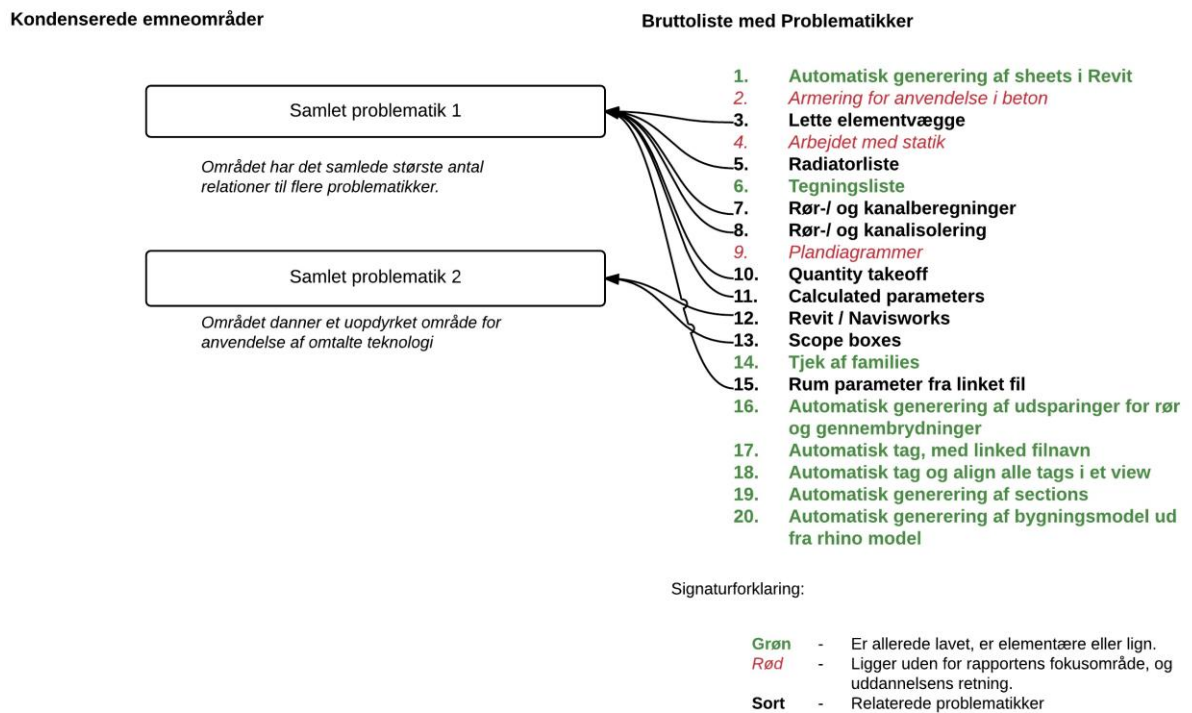
- Grøn** - Er allerede lavet, er elementære eller lign.
- Rød** - Ligger uden for rapportens fokusområde, og uddannelsens retning.
- Sort** - Relaterede problematikker

Figur 2.1-3 Bruttoliste og grovsortering

Trin 2 - Kategorisering

For en inddeling og kategorisering, vil de resterende problematikker blive analyseret ud fra et kriterie om at der findes fællesnævnerne, som giver anledning til en gruppering i nye kategorier (hovedproblematikker).

Nedenstående **Figur 2.1-4** synliggør hvordan der ses 2 overordnede områder af inddeling.



Figur 2.1-4 Udvalgelse og kondensering af nøgleproblematik

Samlet Problematik 1

Den første problematik handler om at designe ud fra lagrede informationer på rum niveau. Et eksempel kunne være en bygningsdel, som en radiator, der via information lageret på rum niveau bliver dimensioneret ud fra en størrelse og funktion af rummet. Det vil sige, at hvis størrelsen og/eller funktionen af rummet ændres, vil radiatoren automatisk også ændre sig.

Samlet Problematik 2

Den anden problematik handler om hvordan der kan trækkes informationer ud af Revit, for at autogenerere noget statistik, der giver et indblik eks. via en graf, af hvor mange kollisioner der er i bygningsmodellen. Her fra at vurdere om det er bedre eller dårligere end sidst og det kan man så sammenholde med sin aktivitetsplan og måske finde nogle årsager til det ene og det andet.

Trin 3 - Udvalgelse

I udvælgelses processen argumenteres der for hvilken af de to nye hovedproblematikker, der har størst relevans for besvarelse af den initierende problemformulering. Det skal også pointeres at forfatterens mening, interesse, teknologiske kunnen, samt vejledernes input indirekte har en vis påvirkning i udvælgelsen.

Rapportens initierende problemformulering lyder:

”Hvordan kan Dynamo løse virksomheders oplevede problemer med bygningsmodellering i Revit og ændrer det på et eksisterende workflow ved projektering?”

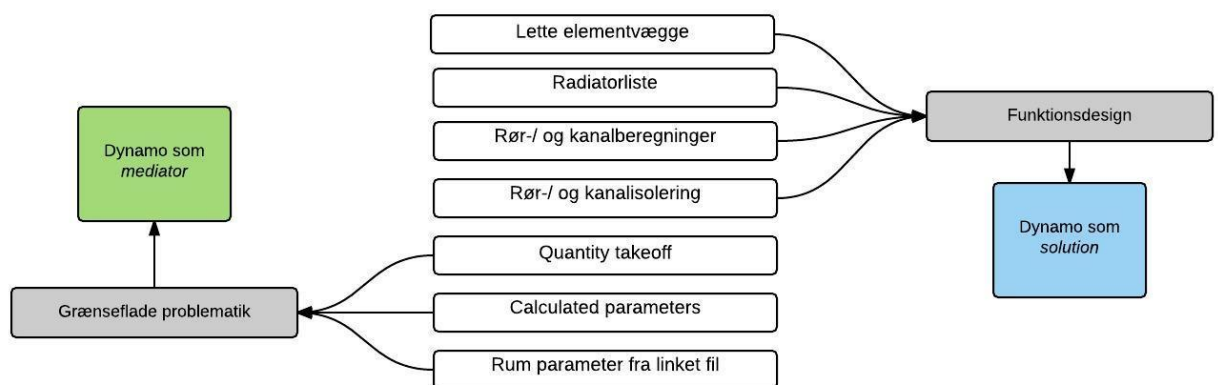
Det gælder for både problematik 1 og 2 at de omhandler Revit som det primære værktøj for bygningsmodellering. Dette er netop hvad den første del af den initierende problemformulering beskriver.

Problematik 1 gør sig relevant, da det problemet beskriver netop er umuligt på nuværende tidspunkt, grundet en begrænsning ved Revit.

Problematik 2, er på samme vis også begrænset af funktioner i Revit, men det er ikke på samme måde et problem der vedrører et arbejdsworkflow. Det ses nærmere som et behov eller en løsning, på et ikke eksisterende problem. Løsningens omfang vil være differentieret fra projekt til projekt og i større grad være et arbejdsværktøj, frem for en arbejds-løsning.

Den første problematik 1 er på nuværende tidspunkt efter forfatterens holdning den som passer bedst i forhold til rapportens problemformulering, forfatterens uddannelse og teknologiske kunnen. Derfor vil denne kategori af problematikker, for det videre arbejde med rapporten vælges for viderebearbejdning.

Hovedproblematikken består af nedenstående 7 indsamlede udfordringer:

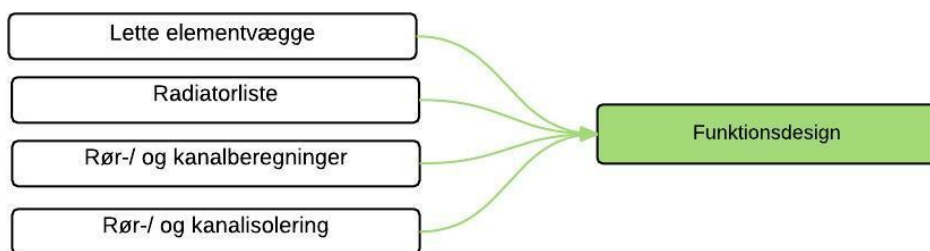


Figur 2.1-5 Problematik 1 og de 7 indeholdte problematikker.

Som det ses af **Figur 2.1-5**, udledes der yderligere en specificering af problematikkerne. Det var åbenlyst at der kunne indeles yderligere i 2 kategorier, en der benævnes *funktionsdesign* og en som benævnes *grænseflade problematik*.

Det ses at den der i størst grad stemmer med beskrivelsen kategoriseringsafsnittet og rapportens initierende problemformulering er *funktionsdesign*. Underkategorien der omtales *grænseflade problematik*, ses mere som begrænsninger ud fra Revit og enkelte funktioner. Disse begrænsninger vurderes umiddelbart som mulige at løse relativt enkelt, enten med Dynamo eller gennem Add-in, hvorimod underkategorien *funktionsdesign* i større grad ligger op til at designe ud fra funktioner.

Således resulterer kategoriseringen i nedenstående **Figur 2.1-6**, og de udfordringer ved Revit, der ligger til grund for valget af *funktionsdesign* som område for viderebearbejdning.



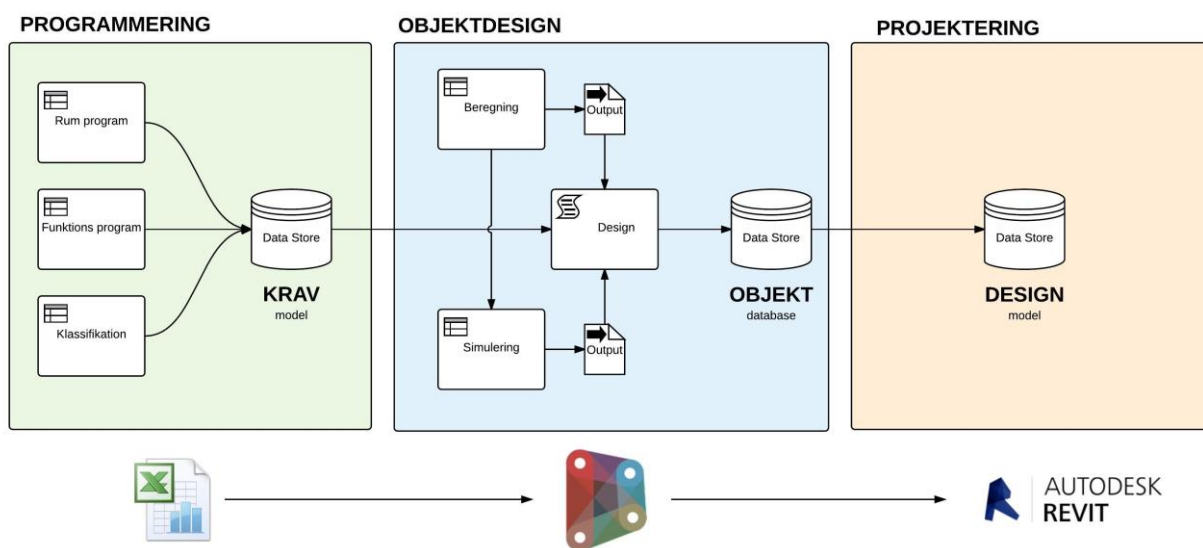
Figur 2.1-6 Funktionsdesign, som område for nedslag af videre bearbejdning.

Ud fra kategoriseringen og udvælgelse af et område for videre bearbejdning, vil Trin 4 udgøre en redefinerung af hovedproblematik.

Trin 4 – Redefinering

For redefinering af hovedproblematik fokuseres der på det, i **Figur 2.1-6**, angivne 'funktionsdesign'. Selve funktionsdesignet ses at blive skabt gennem en programmeringsfase. Som produkt af programmeringsfasen, vil de samlede krav betragtes som en kravmodel.

Som grundlag for den samlede proces vil programmeringsopgaver som *rumprogrammering* og *funktionsprogrammering* være indeholdt. Nedenstående **Figur 2.1-7** illustrerer hvorledes en redefinering af hovedproblematikken ser ud.



Figur 2.1-7 Re-design af arbejdsproces vedrørende programmeringsfasens produkt til anvendelse for projektering.

Det illustreres her hvordan man gennem Dynamo som værktøj kan udføre et mere automatiseret objektdesign. Indholdet i de forskellige faser, ses i dette afsnit på konceptuelt niveau, men vil senere i rapporten blive behandlet mere indgående.

Ud fra de opstillede problematikker vedrørende området 'funktionsdesign', vil der tages udgangspunkt i en konkret opgave. I listen indgår blandt andet et område med radiatorer og rørdimensionering. Disse opgaver der er oplistet som problematikker vil begge vedrøre en Ingeniørmæssig faggruppe. På samme tid vil det være en delt opgave i en projektgruppe blandt Ingeniører og Arkitekter eksempelvis at placere en radiator (æstetik og form), samt at dimensionere den (krav, funktion).

Det vurderes interessant at dykke ned i denne arbejdsopgave og undersøge det nuværende arbejdsflow, samt undersøge hvorvidt der med Dynamo kan skabes en mere automatiseret proces. For arbejdsopgaven med objekt-design af en radiator, ses hovedopgaven at stamme fra Ingeniørens beregninger. Fra ingeniøren formodes radiatoren at blive dimensioneret i forhold til rum og funktion, i et samarbejde med andre faggrupper.

I forhold til redefineringsprocessen er der valgt en hovedproblematik. Men for at skabe en større forståelse og indsigt, findes det nødvendigt at udføre en viderebehandling.

2.1.3 VIDEREBEHANDLING AF ARBEJDSOMRÅDE

Gennem rapportens forrige afsnit ses det at der arbejdes videre på et undersøgende problem, omhandlende et design ud fra funktioner. Der er valgt et arbejde med at undersøge en komponent, som en radiator og hvordan denne kan anvendes i en designfase. Indeværende afsnit viderebehandler redefineringsfasen gennem yderligere udføre af- eller bekræftende interviews.

For at komme nærmere et brancheunderstøttet behov udføres der en samtale med virksomheden MOE A/S, Århus. Begrundelsen herfor, er at de arbejder netop med Dynamo som løsning på forskellige problemer med Revit og tilmed indenfor et beslægtet område af rapportens tidligere beskrivelse. Der udføres feltdagbog fra mødet i referatform, hvilket kan findes som "**Appendiks 5 - Feltdagbog, Interview MOE A/S**". Afsnittet afspejler dialogen fra mødet, der har bidraget til en videre konkretisering af den tidligere redefinerings af nøgleproblem og arbejdsområde.

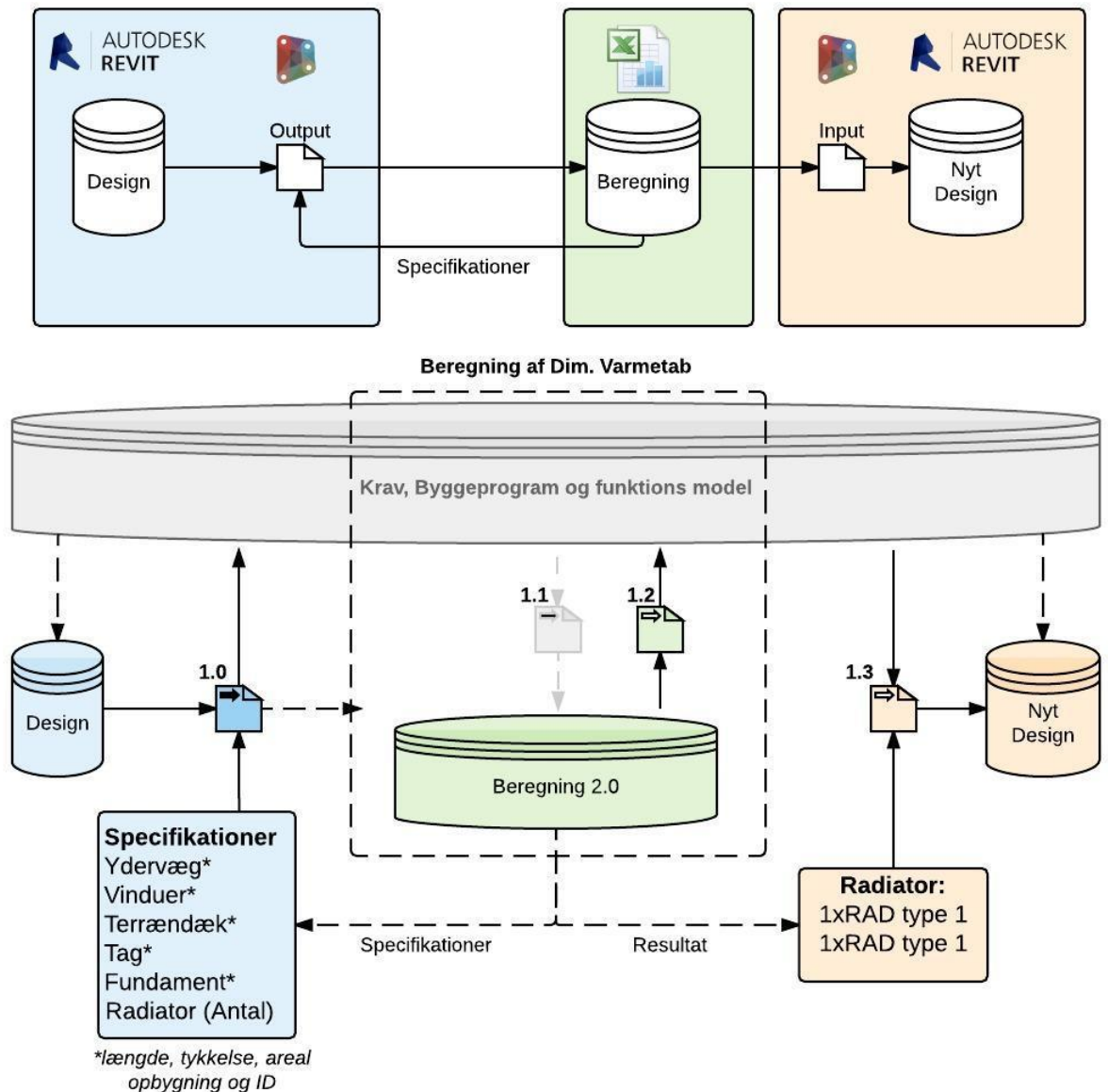
Arbejdsområde

Der er tidligere omtalt et design af bygværk gennem funktioner af rum. Det har vist sig ikke at være muligt at udføre. Der er simpelthen for mange variabler omkring funktioner og rum, til at det er muligt at overskue et sådan system. Da rapportens løsning udvikles i Dynamo, er ideen om et funktionsdesign nedskaleret til at løfte opgaven i mindre bidder.

Af væsentlige betragtninger fra MOEs syn på branchen og ingeniørfaget, udledes det at der med arbejdet omkring et dimensionerende varmetab kan udføres en løsning, der arbejder på rumniveau. Hvis man kunne udtrække data omkring de dele af en klimaskærm som vedrører et givent rum, kunne en varmetabsberegning udføres på rumniveau. Herved gives der mulighed for eksempelvis at modificere placerede radiatorer til at overholde rummets samlede behov ud fra en beregning.

Det tolkes af samtalen at MOE i forhold til anvendelsen af Dynamo, er en væsentlig aktør på området omkring energi og indeklima, da ikke mange andre virksomheder i samme stil arbejder med Dynamo. Det er efter dialogen forfatterens opfattelse, at der findes et stort potentiale med at arbejde direkte med Dynamo på denne måde. Herved vil en løsning indenfor dette område med et indhold omkring dimensionerende varmetab være givende for mange virksomheder. Derved vil rapportens undersøgende problem direkte få en stor berøringsflade.

Gennem den tidligere fase med redefinering af rapportens undersøgende problem, fremgår det at der er valgt et arbejde med design af bygværk ud fra funktioner. Nedenstående **Figur 2.1-8** viser, som en konceptuel model, en udvikling for rapportens undersøgende problem.



Figur 2.1-8 Koncept for redefinering af problematik

Af figuren ses det hvordan der i stedet for et design ud fra funktioner, kan ske et design af bygningsobjekter ud fra en konkret beregning. Figurens 'pakke 1.0' viser hvordan der fra designmodellen udtrækkes væsentlige data omkring bygningen der skal anvendes for en beregning. Gennem 'Beregning 2.0' sker en behandling af data således der på rumniveau fremkommer et behov for opvarmning. For 'pakke 1.3' overføres disse data videre for udførelse af et design på objektniveau.

Af denne viderebearbejdning af rapportens arbejdsområde, bringes der ikke flere teknologier i spil. Men for det videre arbejde vurderes det relevant at klarlægge den teknologiske ramme som rapportens forfattere besidder. Det er tidligere beskrevet hvordan en løsning med Dynamo ses som et ønske, grundet de oplevede begrænsninger for Revit.

2.2 TEKNOLOGISK RAMME

Ud fra rapportens introduktion, beskrives det hvordan der fokuseres på anvendelsen af Revit og Dynamo som teknologier. I denne kontekst, ses Revit som det begrænsende værktøj og Dynamo som et værktøj der udgør et led i en løsning. For at forstå rapporten korrekt vil forfatterne i dette afsnit beskrive den teknologiske ramme systemet og løsningen bliver udarbejdet indenfor. Dette gøres for at skabe et grundlag for en læser, ved introduktionen af den senere løsningsmodel. Den teknologiske ramme vil være en overførelse af forfatternes viden, holdning og syn på den anvendte teknologi.

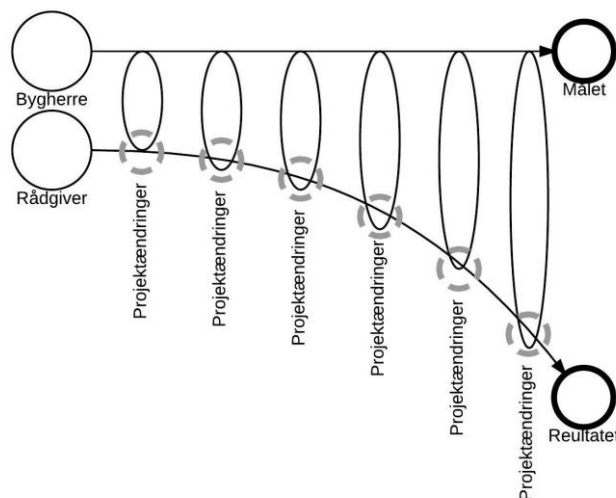
I byggebranchen sker der en generel anvendelse af teknologi som led i projekteringsprocessen. Det er beskrevet hvordan BIM som metode bliver brugt og i den forbindelse findes flere understøttende teknologier. BIM i sig selv ses som en teknologi virksomhedernes medarbejdere (brugere) skal lære, for at tale det samme sprog når de arbejder tværfagligt. Der kan imidlertid være stor forskel fra fag til fag og virksomhed til virksomhed hvordan deres kompetencer indenfor BIM er.

Som metode er BIM reelt set meget kompliceret. Der kan anvendes mange forskellige værktøjer og underliggende processer i forbindelse med projektering, kommunikation og det generelle samarbejde.

2.2.1 BIM SOM PROCES OG METODE

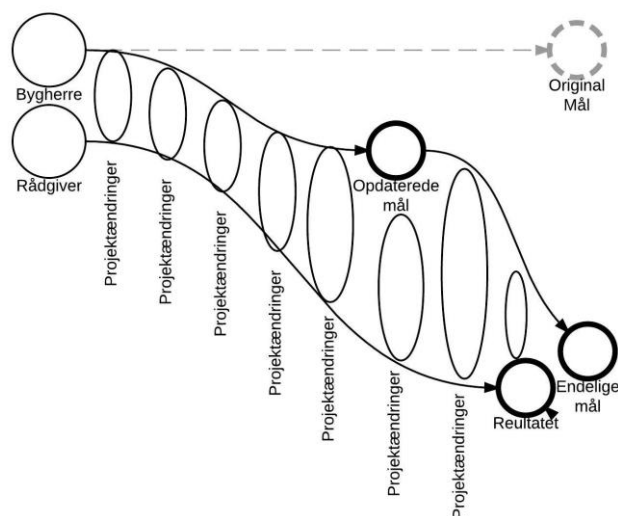
Som en del af den teknologiske ramme, vil metoder og processer ved arbejdet med BIM være i fokus. Det fremhæves hvordan rapportens initierende problem kan undersøges ved at fokusere på en beregnende tilgang til BIM. Netop ved udførelse af beregninger, opleves der begrænsninger ved Revit, der kan løses med Dynamo. Som en metode, kan dette beskrives som Computational Design (der senere vil blive beskrevet). Ved dette arbejde vil indeværende afsnit omtale forskellige teknologiske værktøjer og skelne mellem et værktøj, platform og miljø, med udgangspunkt i definitioner og beskrivelser af BIM, fra den anerkendte BIM Handbook (Eastman et al. 2011).

Gennem rapportens introduktion er det beskrevet hvordan der i den danske byggebranche er et stigende fokus på arbejdet med BIM. En undersøgelse (BIPS 2014) udført med ledende danske virksomheder, påviser at der arbejdes med nye teknologier. Men der indikeres på samme tid et ønske om mere viden omkring processer og metoder ved BIM. I forhold til den traditionelle projektering udføres denne som vist på **Figur 2.2-1** med hensyn til kongruens omkring målstæning. Løbende gennem processen træffes manuelle designvalg der kan påvirke det mål som bygherre oprindeligt har sat, og bringe projektets resultat længere fra målet.



Figur 2.2-1 Målkongruens ved traditionel 2D dokumentbaseret projektering, efter (KIVINIEMI 2005)

Et paradigmeskift er sket ved overgangen fra en 2D dokumentbaseret projekteringsmetode, til en 3D objektbaseret metode ved BIM. Nedenstående **Figur 2.2-2** hvordan der bedre kan sikres en målkongruens ved en parametriske modellerings proces i forbindelse med dette paradigmeskifte.



Figur 2.2-2 Målkongruens ved en parametriske modellerings proces, frit efter (KIVINIEMI 2005)

Netop at der med BIM som metode arbejdes objektbaseret betyder, at der for bygningsmodeller opleves en større konsistens mellem objekter og deres informationer. Men især også ved kommunikationen mellem rådgivere og bygherre. Der stilles bedre mulighed for at træffe valide valg og følge op på en løbende målsætning. Det er nu muligt at klassificere et bygningsobjekt, og derved binde objektet sammen med informationer der vedrører andre fagopgaver, såsom beskrivelser og beregninger.

For denne rapport er netop beregninger i centrum. Ud fra den initierende problemformulering ses det implicit at virksomheder oplever udfordringer ved arbejdet med Revit. Det er muligt at arbejde med objekter, men hvis der skal udføres beregninger med flere variable, kan Revit ikke løse opgaven. Hertil bringes Dynamo i spil, som et teknologisk værktøj der kan trække data om objekter ud af Revit, behandle disse og opdatere objekterne i Revit igen.

Skellen mellem værktøj, platform og miljø

Der tages for forståelse af BIM som metode, udgangspunkt i en definition af et BIM- værktøj, platform og miljø som beskrevet af BIM-Handbook (EASTMAN ET AL. 2011).

BIM-værktøj

For en opgave hvor der stilles krav om et specifikt output, vil et værktøj betegnes som et BIM-værktøj. Det kan være opgaver hvor der skal arbejdes med bygningsmodellering som den primære og konkrete opgave. Det kunne være med bygningsmodeller, konsistenskontrol, tidsestimering, logistik planlægning eller lignende. Her kunne værktøjer som Revit, Navisworks, Solibri eller Excel være betegnet som et BIM-værktøj.

Et eksempel kan være Revit, hvor der arbejdes med bygningsmodellering af en enkelt bruger. Der sker ingen udveksling, men arbejdes udelukkende med modellering og fremstilling af tegningsmateriale. Kernen her er at Revit anvendes som et Designværktøj for modellering.

BIM-Platform

Hvor et BIM-værktøj arbejder med en konkret funktion eller opgave, ses en BIM-platform i større grad som multi-task orienteret. Platformen anvendes primært som et lager for informationer og som en platform der understøtter en direkte udveksling med andre værktøjer. Det kan enten ske gennem udveksling af filformater, eller som Add-ins. Gennem forskellige applikationers API, har udviklere mulighed for at tilgå data og informationer direkte, og derved optræder disse som en platform.

Eksempelvis kan Revit anvendes som platform for en bygningsmodel, hvis der udveksles direkte med BIM-værktøjer som Navisworks eller Solibri.

BIM-Miljø

Hvor et BIM-værktøj og en BIM-platform arbejder direkte med en bygningsmodel, vil BIM-miljøet være betegnet som det arbejdsområde der binder de andre sammen. Således vil miljøet sikre en integration af hhv. værktøj og platform, ved at udgøre en central kerne. Frem for direkte at have egenskaber i udførelse af bygningsmodellering, beskæftiger applikationer i miljøet sig mere med data management.

Hvor paradigmeskiftet fra 2D dokumentbaseret projektering til 3D objektbaseret modellering tidligere er beskrevet, kan der drages en parallel direkte til et BIM-miljø. Hvor man tidligere så virksomheder arbejde med Revit som det komplette lager for al information vedrørende et projekt, er man i stigende grad begyndt at erkende at Revit ikke egner sig som et BIM-miljø. Det er ikke hensigtsmæssigt at lade alle ens data være iboende en bygningsmodel, da det ikke direkte skaber værdi.

Eksempelvis ses en BIM-server som en væsentlig aktør i BIM miljøet, hvor den optræder dels som en lager for informationer, men det væsentligste er at den samler flere modeller, linker modeller, og sikrer en konsistens mellem objekter og deres unikke informationer.

2.2.2 ANVENDT BIM I BYGGEBRANCHEN

En digital bygningsmodel kan eksistere dels som en grafisk repræsentation, men ligeså vel i en relationel database struktur ud fra egenskaber, geometri, funktioner, identifikationer m.v.. Det gælder dels for de enkelte bygningsmodeller, at BIM metoden kan anvendes til frembringelse af modellens indhold. Men især gælder det at der ved arbejdet med flere bygningsmodeller ses potentialer ved BIM, og den måde de kan anvendes som et kommunikationsværktøj og en koordinerende rolle for realiseringen af et bygværk. Et fag kan tilbyde sin bygningsmodel til et andet fag, der således kan udtrække de data og informationer der er relevante for denne part. Han kan dernæst anvende disse informationer til sit videre arbejde og har taget sit første skridt i retning i at arbejde med BIM. Dette er et simplificeret eksempel, men tanken om BIM er at udnytte den tilstedeværende teknologi, til at maksimere værdipotentialet ved ens arbejdsgange og rutiner for at skabe de bedst mulige processer.

BIM og standarder

Der er af flere regeringsinitiativer og branche organisationer udarbejdet forskellige love, regler og standarder for hvordan der ønskes et arbejde med Informations- og kommunikationsteknologi og direkte for byggebranchen, et arbejde med 3D-arbejds metode og BIM. Det betragtes at standarder i sig selv må være en god ting – da det skaber en ensartethed i forskellige faggruppers arbejde og sikrer en konsistens for de samlede byggeprojekter. Men i måden hvorpå standarder er udarbejdet kan der drages forskellige negative aspekter frem.

I forhold til at BIM udvikler sig i takt med en generel teknologisk udvikling, vil standarder, love og regler som oftest blive udarbejdet i et retrospektivt syn. Ud fra en række statistiske data, udarbejdes en standard for en given handling, således en maksimering af værdi sikres. Men der tages ikke højde for hvordan teknologien udvikler sig sideløbende, og der kan komme nye metoder og processer udførelse af samme handling. Således skabes en negativ konsekvens i at skulle overholde retrospektive standarder, hvis der findes bedre egnede nye metoder og teknologier.

Holdningen fra rapportens forfattere er således, at standarder kan være en god ting at arbejde med, men det skal være valgt til fra projektgruppen der arbejder med dem. De skal gøre sig overvejelser omkring hvilke teknologier der skal anvendes og hvilke processer der bedst muligt kan opfylde deres kriterier. At udnytte nye teknologier ses som kernen i den faglige udvikling i arbejdet med BIM. Af samme område som for rapporten, vil et eventuelt arbejde med Dynamo have et stort potentiale, men det kræver også at der er virksomheder der tør arbejde med nye teknologier.

Bygningsmodeller

En bygningsmodel kan i bred forstand ses som en model af et bygværk. En materialisering kan som udgangspunkt ske i mange forskellige former, lige fra en skematisk fremstilling i et regneark, en struktureret opstilling gennem XML³, eller som en visuel objektorienteret 3D-model. Fælles for alle former, er at der opereres med egenskabsdata for bygningsdele. Altså, data og informationer der er direkte forbundet med en bygningsdel eller bygningsobjekt.

For det videre arbejde med denne rapport, vil en bygningsmodel tage afsæt i den sidstnævnte objektorienterede model. Herved forudsættes en bygningsmodel at være opbygget af parametriske bygningsobjekter ud fra en metode for dynamisk at manipulere med selve objektets parametre. Ved eksempelvis at indføre en egenskabsværdi for et givent geometrisk parameter, vil det visuelle bygningsobjekt, automatisk ændre sin geometri i sin repræsentation.

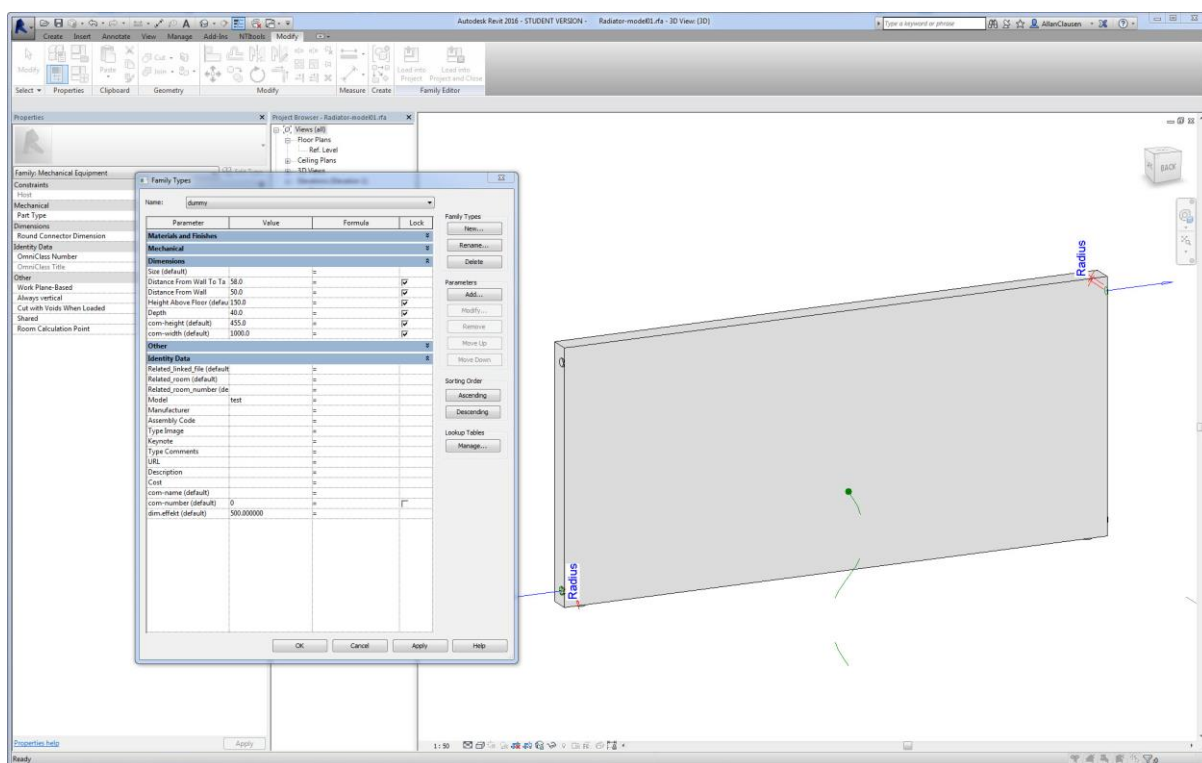
³ eXtensible Markup Language

2.2.3 BEGRÆNSNINGER AF TEKNOLOGISKE VÆRKTØJER

Når der tales om begrænsninger, vil dette vedrøre den måde hvorpå Revit ikke kan arbejde med analyser og beregninger ud fra flere parametre eller egenskabsdata på samme tid. Der er ikke med Revit direkte en mulighed for eksempelvis at udføre konsekvensbetragtninger af forskellige scenarier for løsninger, eller funktionsdesign ud fra givne inputs.

Autodesk Revit

Som BIM-værktøj eller BIM-platform arbejder Revit med bygningsmodeller på en parametriske og objektbaseret måde. For de anvendte objekter, forekommer disse som 'families' i en proprietært Revit format '.rfa'. Nedenstående illustreres dette ved et simpelt radiator objekt, som Revit family:



Figur 2.2-3 Autodesk Revit, bygningsobjekt som family (.rfa)

Som det ses af **Figur 2.2-3**, er der oprettet parametre for familie objektet, som kan manipuleres ved import til Revit og placering i bygningsmodellen. Det er muligt at lave beregnende parametre direkte i familien, hvis der eksempelvis ønskes at beregne en længde af radiator ud fra en given højde. På denne vis kan der udvikles formler for den rummelige størrelse af radiatoren, eksempelvis $\text{højde} = x$; $f(\text{længde}) = 2 * \text{højde}$.

Hvis det tænkes at der ønskes en beregning af radiatorens dimensioner ud fra eksempelvis størrelsen af det rum den bliver placeret i og en ydeevne - er det ikke direkte muligt at udføre i Revit. De beregnende parametre der værdisættes direkte i familien, vil ikke yderligere være intelligente og mulige at beregne efter en placering i Revit. Tilmed, kan der opstå udfordringer, når der arbejdes med linkede bygningsmodeller, da 'rum' og 'spaces' ikke automatisk er tilgængelige som objekter i centrale modeller.

En løsning af denne forholdsvis simple problematik, er traditionel set løst enten manuelt ved indtastning og beregning, eller ved at programmere et Add-in til Revit, gennem Revit Application Programming Interface (API).

Revit API⁴

Et API er grundlæggende en betegnelse for et bindeled, mellem software komponenter og noget eksternt eller en funktionalitet. Selve interfacet der omtales, vil i Autodesk Revit terminologi være betegnet som et Add-in, der kan til vælges fra programmets User Interface (UI).

Et Revit Add-in udføres som en "selvstændigt" applikation. Det kan være tekst og kodebaseret i forskellige programmeringssprog (typisk C#⁵). Autodesk stiller en udvikler pakke til rådighed der indeholder kernefunktionalitet, således der kan skrives programmer netop til at interagere med Revit. I denne pakke, fremgår hvorledes en kodestruktur skal opbygges og hvilke kald der skal sendes til Revit, for at opnå det ønskede resultat. Det er dernæst op til de enkelte udviklere, at programmere et Add-in, for at løse konkrete problematikker. Ud fra den tidligere beskrivelse af en problematik med en radiator, vil en udvikler skulle programmere et Add-in for at løse sine udfordringer.

Ud fra en betragtning af sværhedsgraden af at udføre et Add-in, givet at man nærmest skal være programmør, kan der overvejes alternative løsninger. Hvor Revits begrænsninger opstår, er det altså beskrevet hvorledes man kan programmere, som tekstbaseret kode, sig ud af problematikker. Men i forhold til at give andre end udviklere mulighed for at tilpasse Revit deres ønsker, ses der muligheder for især et visuel programmeringssprog.

2.2.4 MULIGHEDER FOR PROGRAMMERING OG BYGNINGSMODELLER

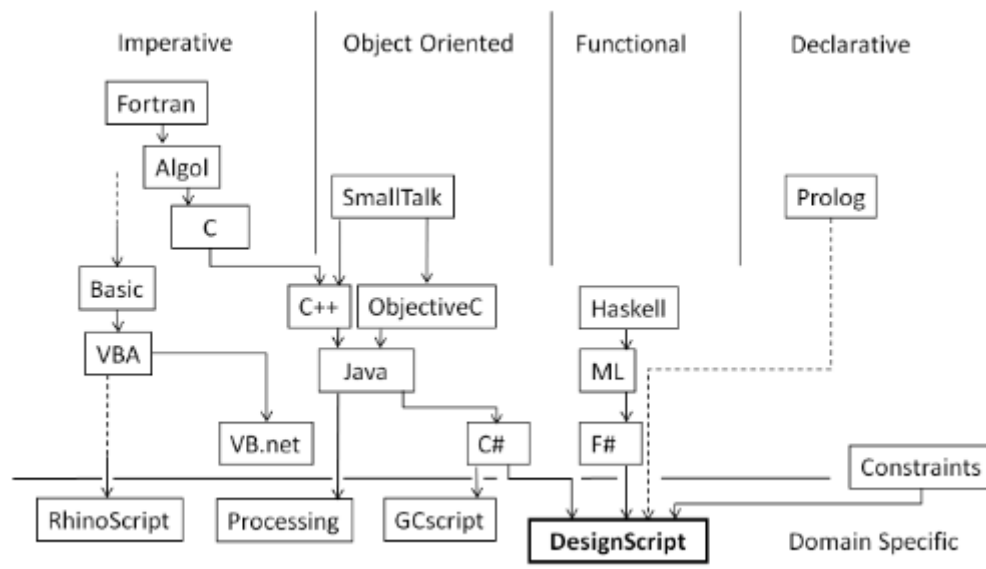
Ud af forhold i Revit, som i forrige afsnit blev synliggjort som begrænsninger, vil der naturligt opstå et arbejde hen i mod at løse disse problematikker. I forhold til en løsning med Revit API, er denne metode anvendt især af software virksomheder, der udvikler Add-ins til byggebranchens projekterende rådgivere. Ud fra undersøgte behov, udvikles der applikationer, til at udføre forskellige handlinger, som eksempelvis mængdeudtræk, organisering af 'views' og 'sheets' og mange flere. Denne metode er velegnet, når der foreligger en kravspecifikation på et ønsket værktøj eller redskab, hvortil programmører kan skrive og tilpasse et Add-in til formålet. Budskabet her, er at der udføres en kodeopgave ud fra en bestilt funktionalitet.

En anderledes måde at tænke programmeringssprog, Add-ins og funktionalitet, er at lade brugeren selv programmere. På denne måde vil den udviklede kode, både fungere som en løsning på en problematik, men især også som en designudvikling. Af programmeringssprog, fremhæves især DesignScript⁶, til at være et fuldt udstyret programmeringssprog. Det er både innovativt for design processer og et pædagogisk værktøj (AISH 2011). Designscript blev oprindeligt udviklet for AutoCAD, som et sprog til at skabe koblinger mellem informationer og geometri. I tiden efter, har det været anvendeligt sammen med Revit og dets nuværende anvendelse findes i en navne ændring til '*Dynamo Textual Language*' (navnene Designscript og Dynamo textual language anvendes herefter som synonymmer). Nedenstående figur illustrerer, hvordan designscript som sprog ses som omfavnende mange paradigmer indenfor programmeringssprog.

⁴ <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=2484975>

⁵ C Sharp (C#) - programmeringssprog

⁶ <http://www.autodeskresearch.com/publications/designscript>



Figur 2.2-4 Designscript som et multi-paradigme sprog (AISH 2011)

Designscript har mange funktioner, hvor slutbrugeren af sproget især fremhæves at være i fokus. Af brugergrupper fremhæves alle lige fra erfarne programmører, til alle ikke-programmører. At det vises som et multi-paradigme sprog, betyder at det indeholder dele af både det rent tekstbaseret sprog og fungerer som et objekt orienteret sprog.

Med Designscript skabes en mulighed, for ikke-programmører at løse problematikker gennem et sprog med en hurtig indlæringskurve. Brugeren vil dels løse sin problematik, men også begynde at tænke i design og opbygning af kode. På denne måde, bliver sproget anvendeligt også for de projekterende brugere i Revit.

For rapportens arbejdsområde, vil en anvendelse af designscript kunne ske som del af et visuelt sprog. Hvor det tekstbaserede sprog baserer sig på en ren kodestruktur, vil en metode med visuel programmering, være opbygget grafisk og i større grad egne sig til ikke-programmører.

Visuel Programmering

Grundlæggende ses 'Visual Programming Language' (VPL), som en fælles betegnelse for de sprog, der grafisk lader brugere kode programmer, uden at udføre en regulær tekstbaseret kodning. Altså, et grafisk sprog, hvor der i et arbejdsfelt med diagrammering, kan oprettes, flyttes og organiseres elementer af et program (CELANI & VAZ 2012). Den mest forekommende metode, er med bokse og tråde, hvor boksene repræsenterer kode elementer, og tråde anvendes til at forbinde de respektive input/output værdier.

Baseret på forskellige empiriske studier tolker (CELANI & VAZ 2012) at den rummelige struktur i et grafisk sprog, understøtter abstrakte tanker og opbygninger, i forbindelse med udvikling af kode. Endvidere ses det grafiske kodesprog, som en organisering af programmet i sig selv, gennem de visuelle repræsentationer.

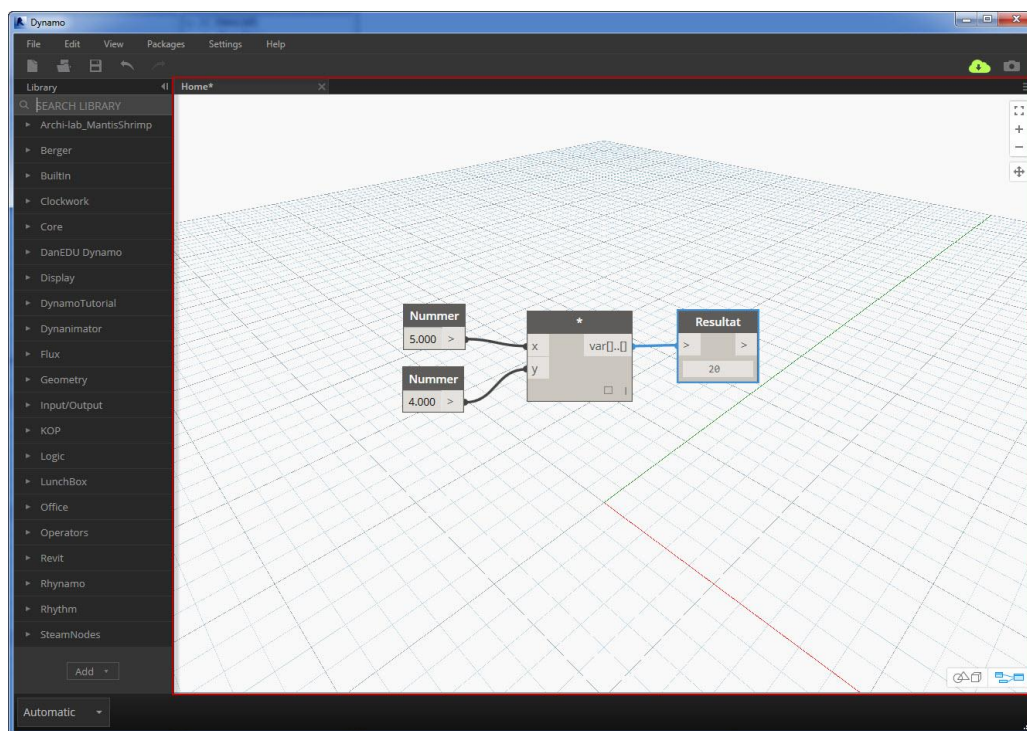
CAD programmering

For udførelse af programmering i relation til CAD, er det tidligere omtalt hvordan især software virksomheder udvikler Add-ins, til at udføre forskellige funktioner. Dertil kommer, at visuelle programmeringssprog giver andre muligheder, for at udføre den samme programmeringsopgave. Hvor den traditionelle tekstbaseret programmering sjældent kan anskues visuelt, vil mange visuelle sprog derimod kunne indlejre tekstbaseret kode.

Traditionelt set, har visuel programmering i relation til CAD, primært taget udgangspunkt i formgivning og parametriske design/modellering. Her har et værktøj som Grasshopper 3D⁷, givet nogle muligheder for Arkitekter og Ingeniører, til at modellere parametriske gennem et visuelt sprog. Grasshopper, er koblet til Rhinoceros 3D (bedst kendt som: Rhino)⁸, som et indlejret sprog, til direkte at manipulere med selve Rhino-modellen. Grasshoppers forhold til interaktionen med Revit, er meget sparsom og omstændig, hvorfor et værktøj som Dynamo, i forhold til Revit, bedre løser en opgave med visuel programmering.

Autodesk Dynamo

På samme vis som Grasshopper, arbejder Dynamo med bokse (noder) og tråde, samt en base af foruddefinerede elementer. Det primære arbejde udføres i et 'workspace', som vist på **Figur 2.2-5**, hvor den grafiske kode er repræsenteret i et lag over den geometriske repræsentation.

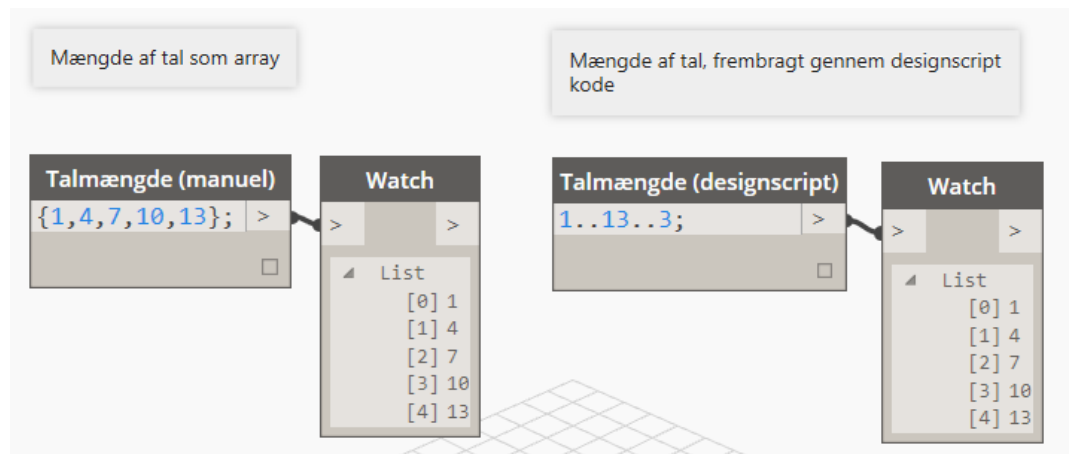


Figur 2.2-5 Skærbillede fra Dynamo, workspace for arbejde

⁷ <http://www.grasshopper3d.com/>

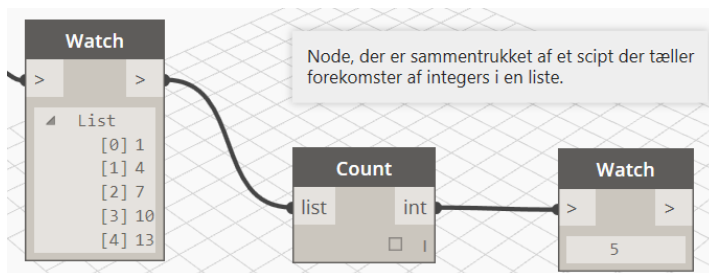
⁸ <https://www.rhino3d.com/>

Nedenstående eksempel, viser yderligere hvordan de tidligere omtalte bokse og tråde, for Dynamo optræder som Noder og tråde. Eksemplet illustrerer yderligere hvordan Designscript kan anvendes til at kode en mængde af tal.



Figur 2.2-6 Dynamo eksempel, skærbillede, designscript og opbygning med noder og tråde.

Eksemplet viser helt simple noder, der er oprettet for at lave en illustration. Noder kan derimod også være komplekse sammentrækninger af funktionalitet og operationer. Det er muligt at udføre et komplet script, der udfører en handling – for dernæst at gemme den samlede operation som én node. Et script i denne sammenhæng forstås som den samlede kode i Dynamo. Herved skabes mulighed for at give input og output variabler, der gennemgår scriptets funktion. Nedenstående vises dette som eksempel:



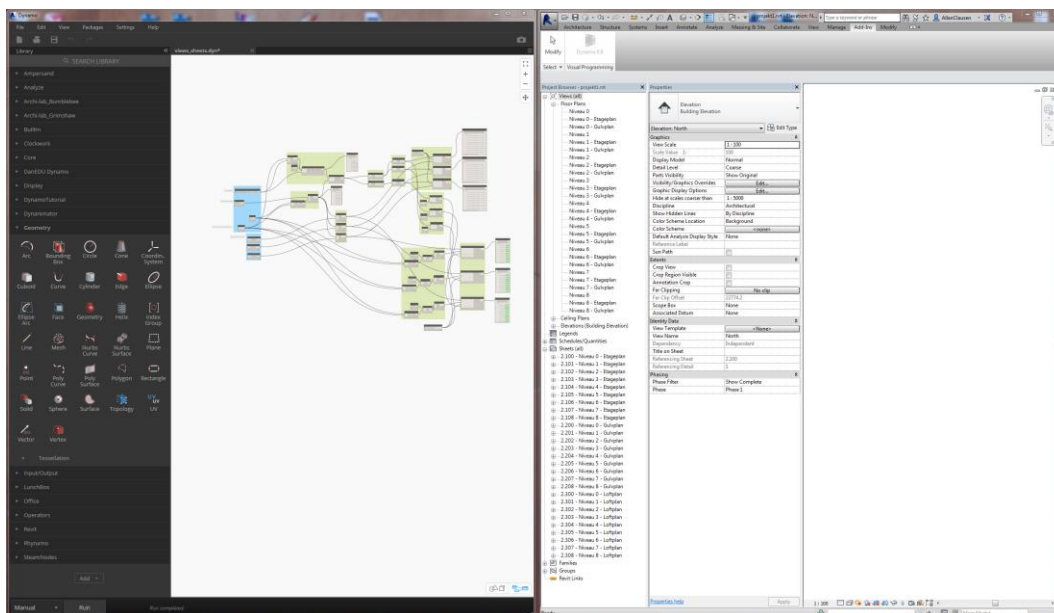
Figur 2.2-7 Eksempel fra Dynamo, skærbillede, det vises hvordan en node kan have en specifik funktionalitet.

Ved anvendelsen af Dynamo, vil en række noder være automatisk tilgængelig. Som 'packages', kan nodesamlinger hentes fra andre brugere der har delt deres arbejde. Fælles for disse noder, er at de udfører en funktion som en bruger kan anvende for at løse sin problematik eller opgave. På dette stadie, vil de fleste ikke-programmører være i stand til at sammensætte simple noder, forbinde med tråde og lynhurtigt set enten et output, eller dynamisk manipulering af bygningsmodellen.

For anvendelsen af Dynamo for denne rapport, vil programmet være startet som en Add-in fra Revit UI og kun tilgå den Revit-model som er aktiv. Det er muligt for Dynamo at starte enten som program gennem Revit Add-in eller som selvstændigt værktøj 'Dynamo Studio', hvis der arbejdes med opgaver der ikke direkte relaterer sig til Revit. Således er værktøjet Dynamo egnet til opgaver der vedrører bygningsmodeller i Revit, og Dynamo studio egnet til mange varierende typer af opgaver, der vedrører flere platforme udover Revit.

Når der arbejdes med Dynamo og Revit, er det i mange tilfælde hensigtsmæssigt at have begge vinduer åbnet på samme tid. Hvis opgaven er at trække data fra Revit til Dynamo og manipulere data, er det på samme tid relevant at kunne følge med i en realtime opdatering af bygningsmodellen. Hertil, ses også hovedformålet ved at anvende parametrisk modellering gennem Dynamo i henhold til formgivning, da det frembringer et samlet stærkt og visuelt design værktøj.

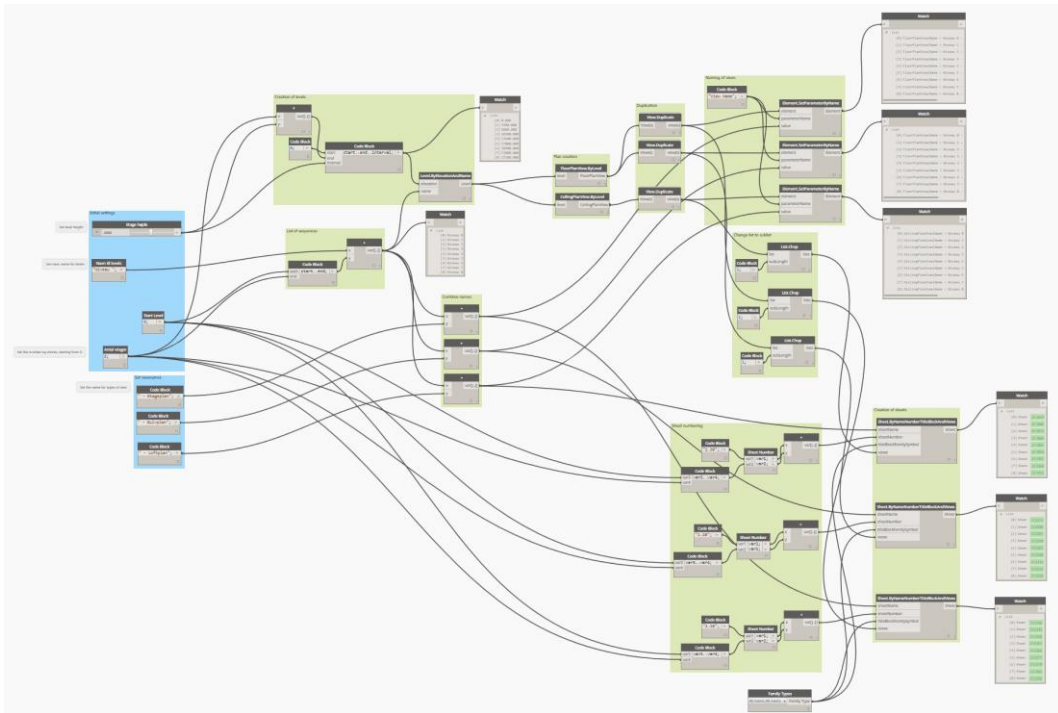
I forhold til denne rapport, anvendes Dynamo primært som værktøj for at tilgå og skrive informationer og egenskabsdata, og ikke decideret at udføre design som formgivning. Nedenstående ses et skærmbillede hvor Revit og Dynamo er åbnet på samme tid.



Figur 2.2-8 Interoperabilitet mellem Revit og Dynamo, skærmbillede af Dynamo startet som Add-in

For udførelse af arbejde i Dynamo, hvor der i større grad programmeres med funktioner, lister og matematiske operationer, kan det være en fordel at minimere Revit vinduet og arbejde med Dynamo i fuldskærm. Desto større den samlede kode bliver, desto vigtige bliver det at kunne overskue den. Det er muligt at gruppere nodebokse, for at skabe denne overskuelighed.

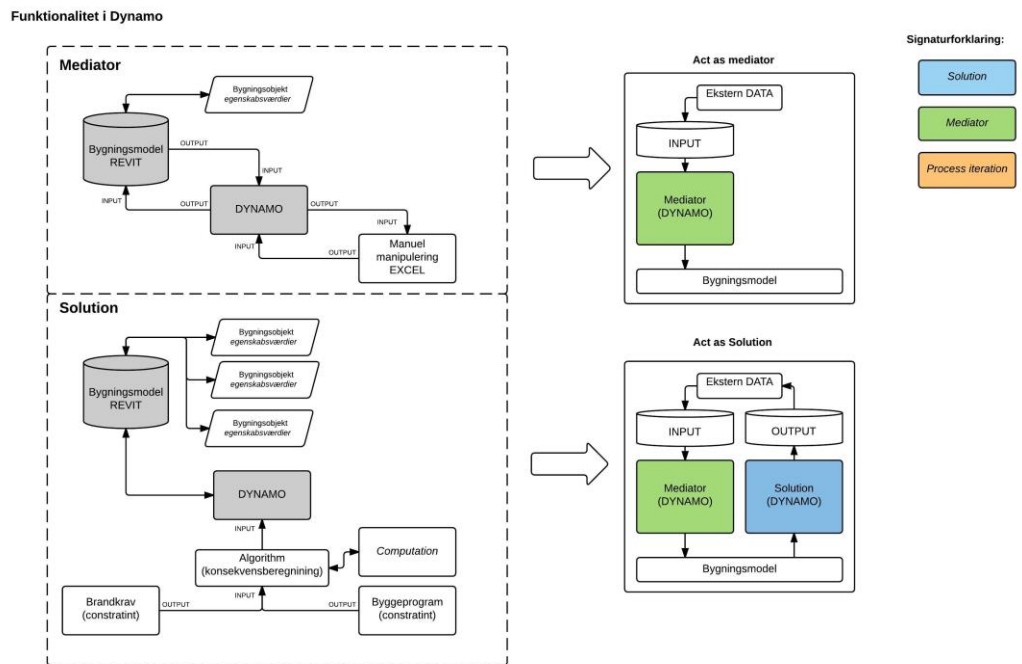
Ved at gruppere noder, dannes der direkte overblik, og med enkel notation kan der skabes en gennemgående beskrivelse af scriptet. Nedenstående ses et udført eksempel i Dynamo, hvor der inddeles i farvede grupper, samt noteres funktion og udvikling gennem scriptet.



Figur 2.2-9 Grafisk og visuel kodestruktur, skærbillede fra Dynamo

Dynamo som bindeled og løsning

I forhold til en betragtning af interoperabilitet mellem Revit og et visuel programmeringsværktøj som Dynamo, kan der opstilles 2 kriterier for anvendelsen. Dels, kan værktøjet fungere som et bindeled mellem to eller flere platforme, eller som en løsning på en problematik. Nedenstående figur illustrerer disse to anvendelser af Dynamo:

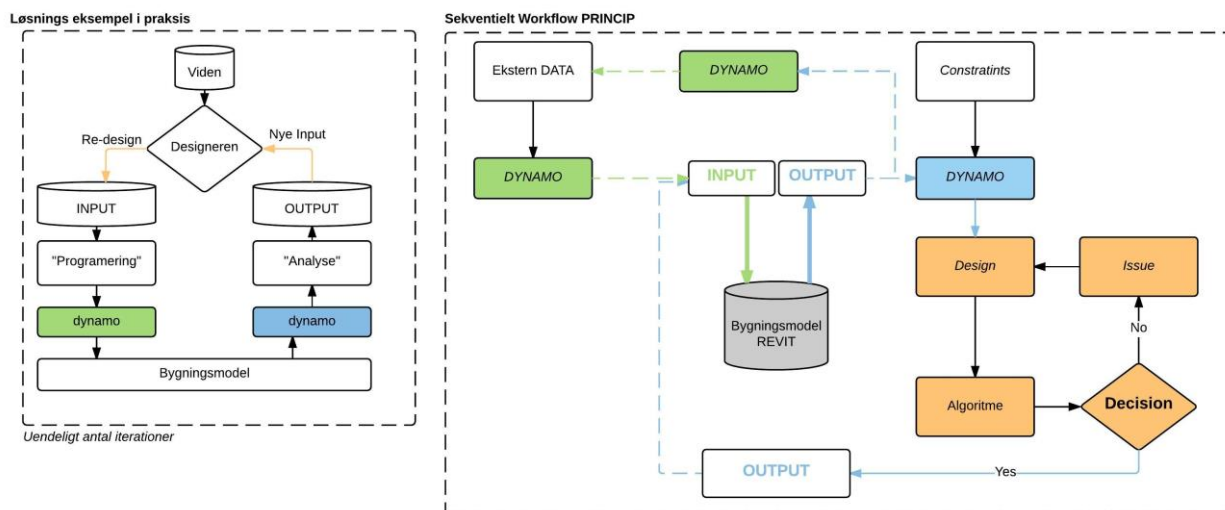


Figur 2.2-10 Dynamo som en bindeled (mediator) og/eller løsning (solution).

Som det ses, vil Dynamo som en direkte løsning af en problematik i nogle tilfælde også fungere som et bindeled. Hvis problematikken indeholder et arbejdsområde delt over flere platforme, vil Dynamo derfor både være et bindeled og en løsning. Omvendt set, vil Dynamo som bindeled ikke udføre en beregnende opgave, men udelukkende understøtte en interoperabilitet med flere platforme, der måske ikke var muligt at udføre direkte i Revit.

Hvor **Figur 2.2-10** illustrerer en anvendelse af Dynamo, enten som bindeled og/eller løsning, vil nedenstående **Figur 2.2-11** i højere grad vise hvordan et sekventielt forløb ser ud. I løsningseksemplet til venstre ses det at designere og bygningsmodellen står over for hinanden, hvor output fra den ene, er den andens input. Således vil det sekventielle forløb gå fra design, gennem Dynamo, til bygningsmodellen og tilbage igen. Herved opstår en uendelig række af iterationer igangsæt af designeren.

I eksemplet i højre side, ses den samme opstilling med en automatiseret proces. Designeren er her blot ansvarlig for processen 'Design', hvor alle andre processer er foruddefineret. Således vil iterationer foregå automatisk i de orange processer, hvor designere har til opgave at udføre re-design i tilfælde af at processen stopper og kommer tilbage til ham.



Figur 2.2-11 Dynamo set i løsningseksempel og sekventielt forløb

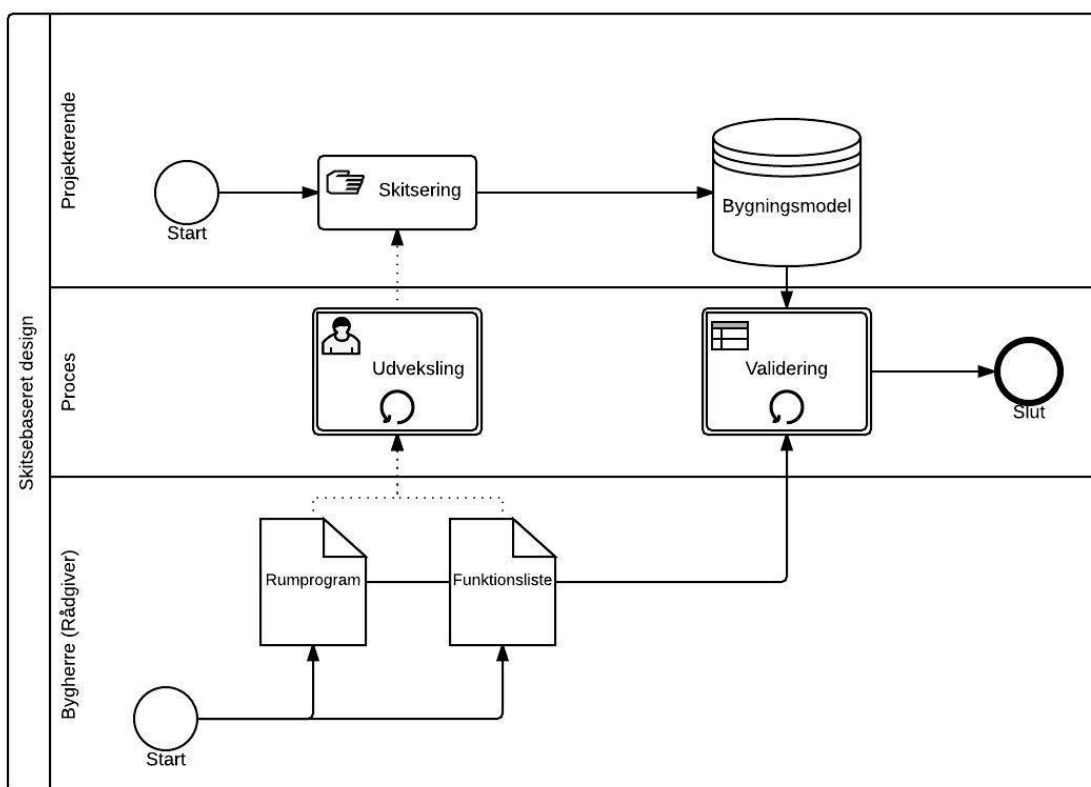
Computational design

Computational Design beskrives som en intelligent modelbaseret metode. En metode, der fungerer som en ramme for arbejdet med at interagere med interne parametre og eksterne data for en bygningsmodel. Computational Design, kan ikke direkte oversættes til dansk og give samme mening, men der tillægges en betydning, som en form for design der er fremkommet ved beregninger (GÜN ET AL. 2012).

Den traditionelle 2D dokumentbaserede metode bestod primært af et tegningsmateriale som grundlag for projektering. Ved denne metode udførtes implicit en række manuelle handlinger for hver gang en opdatering skulle indføres.

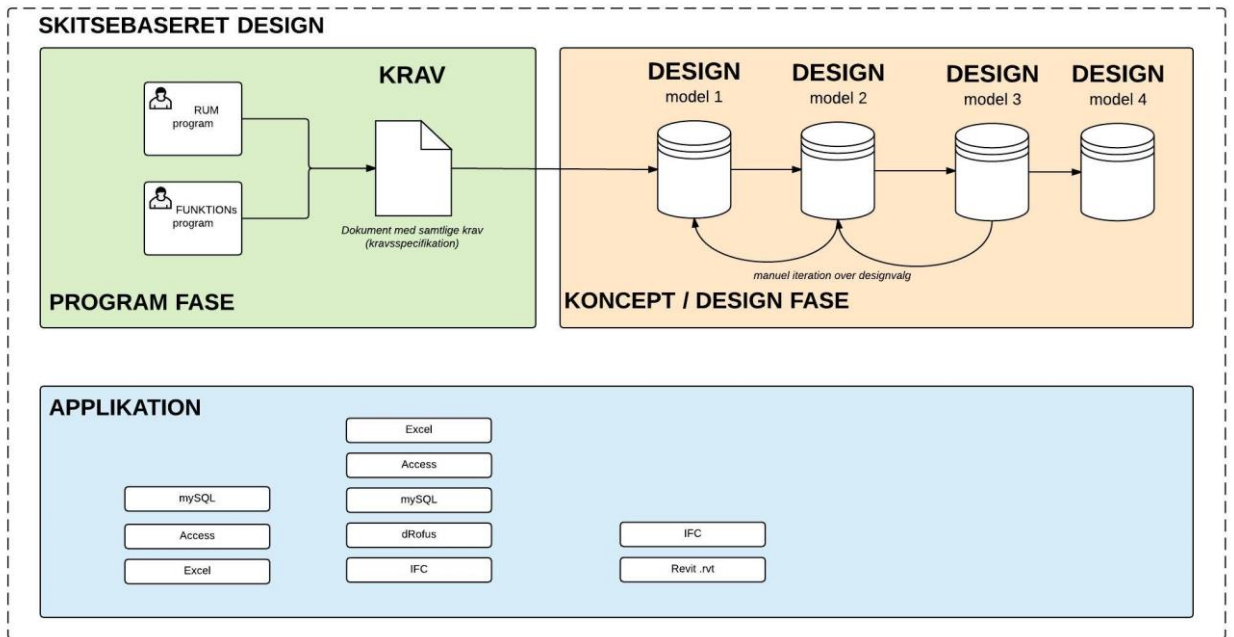
Ved en 3D objektbaseret projekteringsmetode kan der stadig forekomme disse manuelle handlinger når der sker en opdatering. Selvom området nu indeholder bygningsobjekter i stedet for 2D tegningsmateriale, er de manuelle operationer ikke nødvendigvis forsvundet.

Nedenstående **Figur 2.2-12** viser hvordan en traditionel designproces kan se ud. Bygherrens byggeprogram udfærdiges og udveksles med de projekterende. Disse udfører gennem en skitseringsproces et design valg ud fra flere iterationer. En bygningsmodel udarbejdes og denne valideres slutteligt mod byggeprogrammet.



Figur 2.2-12 Design Proces, som skitsebaseret

I særlig fokus ses her skitseringsprocessen, der vises som en manuel operation. Et designvalg træffes for derefter at blive vurderet. Findes det accepteret vil det indgå i bygningsmodellen og videre i processen. Lever designvalget derimod ikke op forventningerne, vil skitseringsprocessen starte forfra og alle beslutningsprocesserne dermed gå om.



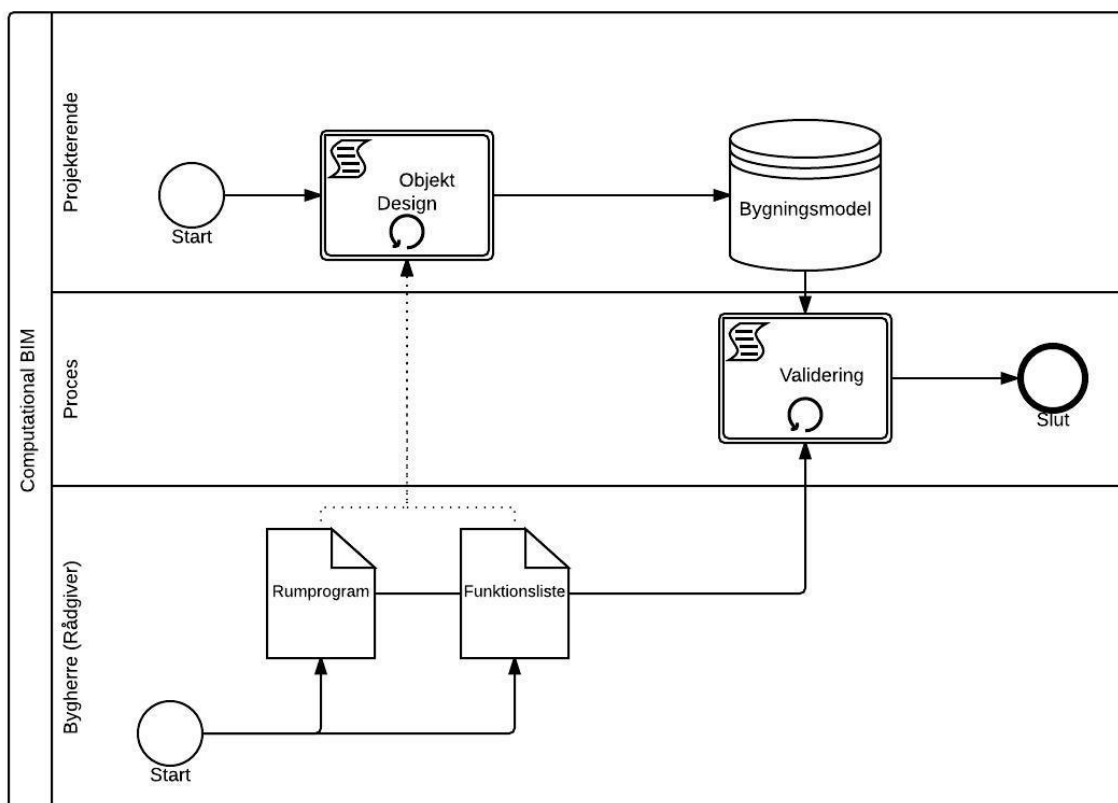
Figur 2.2-13 Teknologisk ramme, skitsebaseret design

Figur 2.2-13 viser hvordan der er opstillet en teknologisk ramme som konceptuel model for den skitsebaserede designproces. Områderne for hhv. program og koncept/design fasen illustreres og det angives ved gennem Applikation, hvilke teknologiske værktøjer der om muligt kan anvendes for de overliggende opgaver.

Design proces med automatiserede designvalg

I modsætning til det forgående eksempel på en proces ved en traditionel skitseringsproces, vil en proces med automatiserede handlinger tage sig anderledes ud.

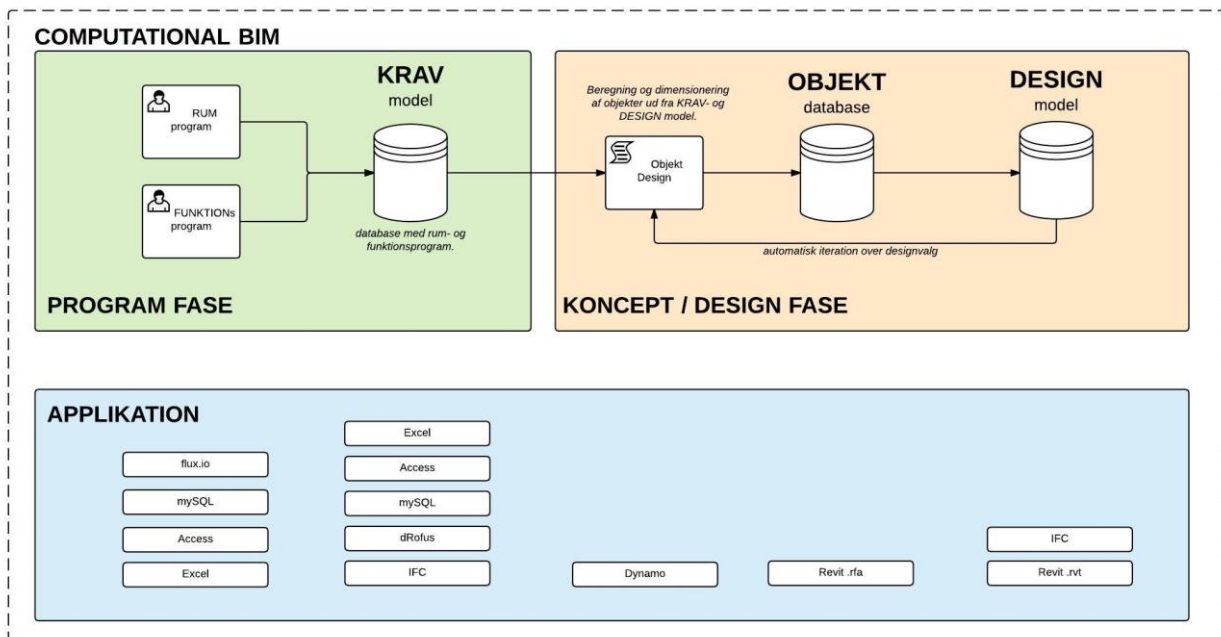
Nedenstående **Figur 2.2-14** viser skematisk hvordan denne nye proces kan se ud. I modsætning til den i **Figur 2.2-12** viste proces, erstattes den manuelle skitsering her af et automatiseret objekt-design. På denne måde vil den projekterende have et designværktøj til at udføre iterationer af designvalg, og komme med forslag om den bedste beslutning for valget. Det er stadig en manuel handling fra en bruger, at træffe det endelige valg, men den automatiserede beregning udfører en stor del af arbejdet.



Figur 2.2-14 Designproces, som Computational BIM

I forhold til denne nye proces der ses som Computational Design, kan der yderligere præciseres hvilken funktion den har. I forhold til arbejdet med BIM, kan en betegnelse som Computational BIM anvendes, hvilket efterfølgende forklares.

Som vist på den konceptuelle model for den skitsebaseret proces, viser **Figur 2.2-15** tilsvarende den udarbejdede teknologisk ramme for computational BIM som en konceptuel model. Opbygningen er den samme, men til forskel ses især indholdet i koncept/design fasen og de mulige applikationers anvendelse.



Figur 2.2-15 Teknologisk ramme, computational BIM

Computational BIM

En klar og international definition af begrebet BIM findes ikke. Der eksisterer mange tolkninger af begrebet, afhængig af den kontekst begrebet anvendes i. For denne rapport tages udgangspunkt i en begrebsafklaring fra den anerkendte BIM Handbook:

“... used the term “BIM” to describe an activity (meaning building information modelling), rather than an object (building information model). This reflects our belief that BIM is not a thing or a type of software but a human activity that ultimately involves broad process changes in design, construction and facility management.”

(EASTMAN ET AL. 2011)

At der ikke eksisterer en entydig definition af begrebet, forklarer på samme tid hvordan det altid er i udvikling. BIM er i stor grad styret af underliggende processer, som direkte af skabt ud fra den tilgængelige teknologi. Man kan derfor sige at, lige så længe som vi teknologisk udvikler os – vil begrebet BIM i samme grad ændre sig. BIM skal altså ikke opfattes som noget endeligt, men noget der kontinuerligt udvikler sig i takt med at nye teknologier skabes.

Ud fra denne betragtning kan det være relevant for den danske byggebranche at erkende, at de ikke direkte vil løse alle deres udfordringer, blot ved at øge kompetencerne for at arbejde med BIM. Ud fra ovenstående definition, betyder det at man er nødt til kontinuerligt at vedligeholde sine kompetencer, i takt med at teknologien udvikler sig. På samme tid, er man nødt til at tænke strategisk omkring anvendelsen af BIM som metode, og ikke så meget på et udført kompetenceniveau. I forlængelse heraf, også at fokusere på at være beredt på nye teknologiske innovationer, så man ikke risikerer at misse muligheder når de opstår.

En metode som Computational BIM vil efterfølgende beskrives som: ”at danne et beregnet output, ud fra flere parametriske input som variable”. Men er det noget der allerede udføres i branchen – ja, men det udføres som manuelle operationer og ikke som en automatiseret proces.

I det efterfølgende afsnit vil rapportens forfattere ud fra den anvendte teknologiske ramme søge mod at udforske Dynamo som værktøj.

I forhold til design, vil en beregning tage udgangspunkt i de parametre og egenskaber der findes i bygningsmodeller.

Herudover vil de interaktioner der eksisterer indbyrdes, hvilket til sammen danner et miljø. Således vil det beregnende design tage udgangspunkt i miljøet, og have forudsætninger for at udføre en kompleks generering af orden, ud fra de valgte parametre.

På denne måde sker Computational Design, som en beregnende funktion. Ved integrationen med BIM, som arbejdet med parametriske modellering, kan et nyt begreb kan derved opstilles som Computational BIM.

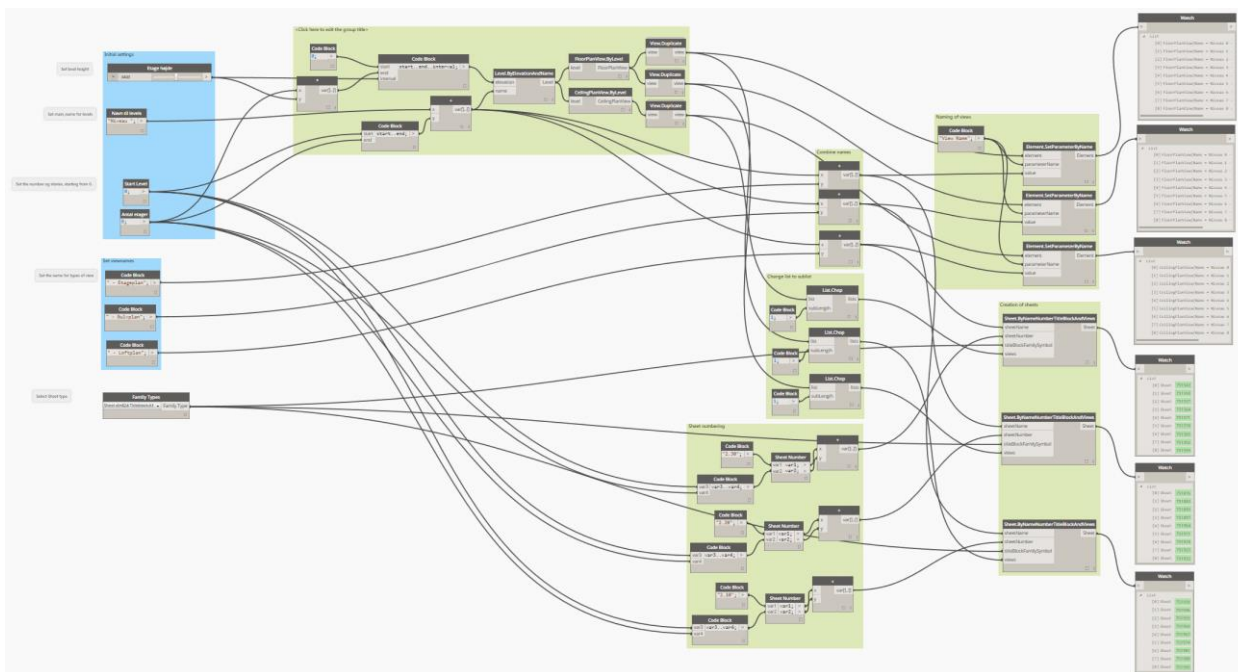
2.3 EKSEMPEL PÅ DYNAMO SCRIPT

Forud for udviklingen af en senere løsningsmodel er der udført forskellige scripts for løsning af forskellige problematikker. Det er gjort dels for at forfatterne kan tillære sig egenskaber for visuel programmering, og dels for at illustrere overfor de interviewede virksomheder, hvordan en endelig løsning kan bygges op med Dynamo.

2.3.1 FORBEDRET WORKFLOW VED PROJEKTOPSTART

Samlet beskrivelse af indeværende problematik og løsning med Dynamo kan ses i **Bilag 1**

Nedenstående **Figur 2.3-1** viser hvordan der er udført et system med Dynamo, der aktivt opretter en antal levels, views og sheets i den åbne bygningsmodel i Revit. Dette kan potentielt spare en virksomhed noget tid ved projektopstart, samt effektivisere et manuelt workflow.



Figur 2.3-1 Dynamo script til oprettelse af views og sheets

Et økonomisk overslag er udført, hvorved det illustreres en potentiel besparelse.

Problematik: (fiktiv udfordring)	
Et nyt projekt startes. Bygværket er en 10 etagers bygning, der skal udvikles til Informationsniveau 3.	
Opgaven inkluderer oprettelse af 10 views af levels (etageplaner), herunder også gulvplaner, brandplaner, loftsplaner etc. Ydermere, skal alle views placeres på sheets.	
Der ønskes en automatiseret løsning.	
Tid & Pris: (estimeret)	
Manuel handling:	3,33 time
pris: $(3,33 * 500) =$	1665 kr
Automatiseret løsning:	0,0166 time
pris: $(0,0166 * 500) =$	8,3 kr

Figur 2.3-2 viser hvordan der for en fiktiv virksomhed, kan opnås en ikke uvæsentlig besparelse på $1665 \text{ kr} - 8,3 \text{ kr} = \underline{1656,7 \text{ kr}}$.

Figur 2.3-2 estimeret økonomisk besparelse ved anvendelse af Dynamo script

2.4 ENDELIG PROBLEMFORMULERING

Ud fra rapportens behandling af den initierende problemformulering, som ses nedenfor, er det undersøgt og analyseret hvilke umiddelbare problematikker virksomheder finder ved arbejdet med Revit. Det påvises gennem, problemanalysen hvordan nye teknologier besidder egenskaber til at løse disse problematikker.

”Hvordan kan Dynamo løse virksomheders oplevede problemer med bygningsmodellering i Revit og ændrer det på et eksisterende workflow ved projektering?”

Rapportens forfattere mener gennem problemanalysen at have synliggjort hvordan Dynamo som værktøj besidder egenskaber der kan løse mange oplevede problemer med Revit. Begrænsninger eller manglende funktionalitet i Revit, betyder at Dynamo kan agere bindeled mellem problematik og en løsning.

Ud fra en betragtning af eksisterende workflow argumenteres der gennem eksempel på løsning med Dynamo, hvordan et manuelt workflow kan forbedres ved en automatiseret proces med Dynamo. Derfor konkluderes det på dette stadie, at Dynamo potentielt kan løse de behandlede problematikker, ved netop at arbejde med modeldata fra Revit og automatisere eksisterende eller nye workflows.

Af den udførte viderebehandling af arbejdsområde fandt forfatterne grundlag for at definere et problem omhandlende en dimensionerende varmetabsberegning. Denne er efterfølgende indarbejdet i rapportens endelige problemformulering:

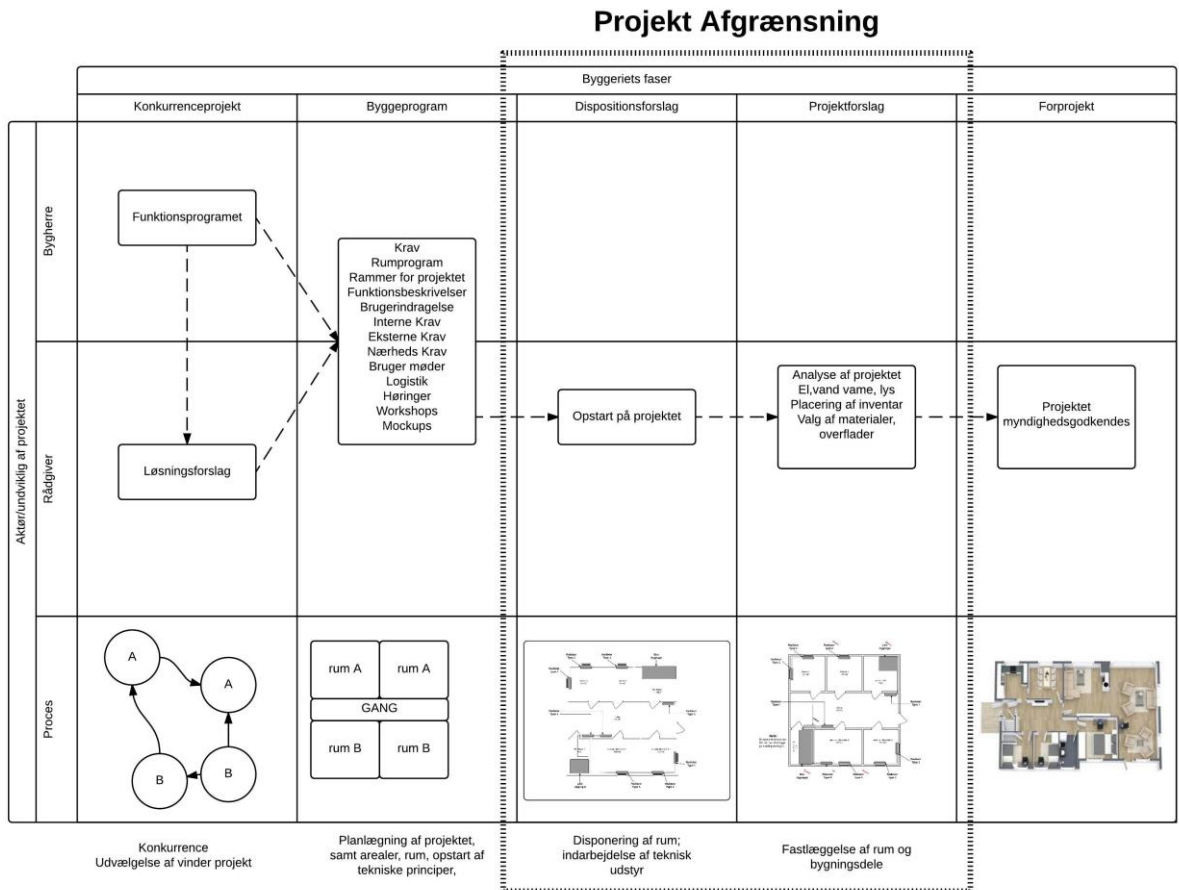
”Hvordan kan der med Dynamo udføres et automatiseret workflow med varmetabsberegning og design af bygningsobjekter?”

Problemformuleringen er udført som et bredt spørgsmål og vil for rapportens løsning konkretiseres gennem en afgrænsning.

2.4.1 AFGRÆSNING

Som en del af rapportens afgrænsning beskrives de forudsætninger der ligger til grund for den videre bearbejdning. Nedenstående **Figur 2.4-1** viser hvilke faser af et byggeprojekt som bearbejdningen agerer under. Herunder også en forklaring af hvilke forudsætninger der ligger forud for rapportens problemløsning og hvad der skal ske i den efterfølgende fase.

På en overordnet måde, vises det hvilke aktører der ses i projektet og hvem der udfører et givent arbejde, i givne faser. Den nederste række viser helt simpelt, hvordan projektet udvikler sig gennem faserne. De viste illustrationer ved dispositionsforslag og projektforslag vedrørende proces, illustrerer konceptuelle modeller der senere i rapporten vil blive behandlet.



Som figuren viser, forudsætter forfatterne at alle de beslutninger

Figur 2.4-1 Projekt afgrænsning

der er taget i konkurrence og byggeprogramfasen, ligger til grund

forud for bearbejdningen. Kun når det har relevans vil der blive refereret til disse forudgående forudsætninger.

Det forudsættes at bygherres funktionsprogram til projektet er overholdt af den vindende rådgivergruppes løsningsforslag. Rådgivergruppen består af relevante arkitekter, ingeniør, bygningskonstruktører og naturligvis en bygningsinformatiker. I samarbejde løser de det projekt som bygherren har udbudt. Ydermere er det forudsat at det fra byggeprogramfasens udarbejdede materiale også er indarbejdet i projektet.

For rapportens løsning anvendes en egenkonstrueret case. Den er udarbejdet ud fra den grundige problemanalyse og har til formål gennem sin enkelthed og lave kompleksitet, at tydeliggøre rapportens formål, og besvarelse af den endelige problemformulering.

3 PROBLEMBEARBEJDNING

Dette kapitel tager udgangspunkt i at løse rapportens endelige problemformulering. Indledningsvis defineres de forudsætninger der findes for løsningen og en beskrivelse af hvilke værktøjer der skal bruges til et systemdesign. Efterfølgende vil der blive konstrueret en projekt-case, der sammen med de teknologiske værktøjer danner ramme for en konceptuel løsning.

Fra den konceptuelle idé udvikles i takt med rapportens problemløsning, en prototype af et system i værktøjet Dynamo.

Udviklingen af løsningen omfatter den konstruerede case, som en bygningsmodel, og de beskrevne forudsætninger. Bygningsmodellen danner grundlag for at udarbejde en beregningsmodel i Excel, der kan beregne et dimensionerende varmetab af hvert rum i bygningen. De informationer der skal bruges til at beregne det dimensionerende varmetab, bliver nu de forudsætninger der findes for de scripts der skal udvikles i Dynamo. Der laves i alt to scripts i dynamo, hvor det første trækker data ud af bygningsmodellen og overfører dem til beregningsmodellen i Excel. Her bliver der udført et dimensionerende varmetab på de enkelte rum og resultatet af disse varmetab viser det effektbehov der eksisterer til radiatorerne i hvert rum. Det sidste script overfører effektbehovet fra beregningsmodellen i Excel, til de radiatorer-familier i bygningsmodellen, der gennem disse informationer, fysisk vil blive dimensionerede. Dette betegnes som det der tidligere i rapporten blev omtalt som et funktionsbaseret objekt-design.

For en mulig implementering af systemet, beskrives det gennem Institutionel Teori, hvordan en virksomhed der finder rapportens undersøgelse relevant og spændene, vil kunne implementere dette system i deres organisation. Af teorien ses det at alle virksomheder har en metode til at løse projekter på, men er hele tiden på udkig efter om der er nye metoder, der kan forbedre deres forretning. Afsnittet er faseopdelt, og er en form for drejebog til hvordan man bedst muligt håndterer forandringer og nye teknologier.

3.1 FORUDSÆTNINGER FOR PROBLEMLØSNING

For denne rapport, arbejdes der med en konkret problemstilling og et fokus er fastholdt mere i forbindelse med en teknisk del af bygværkets realisering, fremfor de organisatoriske, kontraktuelle og sociale forhold. For udvikling af en prototype for rapportens problemformulering, vil indeværende afsnit udgøre de forudsætninger der forventes for løsningen.

Dimensionerende varmetab

Det er tidligere beskrevet hvordan hele området for løsningen, handler om et dimensionerende varmetab. Som en del af forudsætningerne og afgrænsningen af rapporten, forudsættes dette at komme fra en Ingeniør. For rapporten er der dog udviklet en model i Excel der udfører en beregning.

Det dimensionerende varmetab beskrives i DS 418, som:

”Det dimensionerende varmetab for et rum eller en bygning er den varmeeffekt, der skal ydes for at opretholde den fastlagte inde temperatur ved de fastlagte ydre temperaturbetingelser. Det dimensionerende varmetab består af transmissionstabet og ventilationstabet.”
(STANDARD 2002)

Transmissionstabet som omtalt, beskrives ydermere som den varmemængde, der over en given tid strømmer gennem en bygnings klimaskærm, pga. de temperaturforskelle der ses inde og ude. Ventilationstabet som omtalt, ses igen som en varmemængde over en given tid, der modsat transmissionstabet ikke forlader et rum, men anvendelsen foregår som opvarmning af en luftfornyelse i rummet.

3	Beregning af transmissionstab
3.1	Transmissionstab gennem ydervægge, tage, vinduer og yderdøre
	Transmissionstabet gennem flader, der vender mod det fri, findes vha. formlen:
	$\Phi_t = U A (\theta_i - \theta_e)$
	hvor
Φ_t	er transmissionstabet i W
U	er transmissionskoefficienten i W/m ² K
A	er arealet af fladen i m ²
θ_i	er den dimensionerende indetemperatur i °C
θ_e	er den dimensionerende udetemperatur i °C.
	Transmissionskoefficienten beregnes som angivet i afsnit 6.1 og arealet som angivet i afsnit 3.6.
3.4	Transmissionstab gennem samlinger omkring vinduer og døre
	Transmissionstabet gennem kuldebroer ved samlinger omkring vinduer og døre bestemmes vha. formlen:
	$\Phi_t = \Psi_{sa} l_{sa} (\theta_i - \theta_e)$
	hvor
Ψ_{sa}	er linjetabet for samlingen i enheden W/mK, se afsnit 6.12
l_{sa}	er samlingens længde i m, se afsnit 3.7.
3.5	Transmissionstab gennem ydervægsgfundamenter
	Transmissionstabet gennem ydervægsgfundamenter omkring terrændæk og kælderydervægsgfundamenter i indtil 2 m's dybde bestemmes vha. formlen:
	$\Phi_t = \Psi_f l_f (\theta_i - \theta_e)$
	hvor
Ψ_f	er linjetabet for fundamentet i W/mK, se afsnit 6.13
l_f	er længden af fundamentet i m, se afsnit 3.7.
	For kælderydervægsgfundamenter i mere end 2 m's dybde og inde under bygninger, anvendes den dimensionerende jordtemperatur i stedet for den dimensionerende udetemperatur.

Figur 3.1-1 Uddrag DS 418, formler for transmissionstab gennem klimaskærm

Beregninger anvendt for rapporten

Det er ikke i rapportens direkte fokus at udføre eksakte beregninger af et dimensionerende varmetab. Derimod ses det som et klart mål, at kunne trække relevant data ud af en bygningsmodel, fodre det til et beregningseksempel og derefter opdatere bygningsmodellen med nye data.

Hertil, indrettes der forskellige Ark i Excel dokumentet som har til formål at lagre data fra bygningsmodellen og udføre egentlige beregninger ud fra forskellige formler. Andelen af den samlede beregning der andrager projektgruppen, er altså modifikation af en skabelonberegning, samt projektspecifikke rettelser og tilføjelser. For den færdige løsnings indhold af data relateret til det dimensionerende varmetab, er det ikke de eksakte data der udgør validiteten, men derimod måden de forskellige data anvendes til hhv. data pull og push fra bygningsmodellen gennem Dynamo.

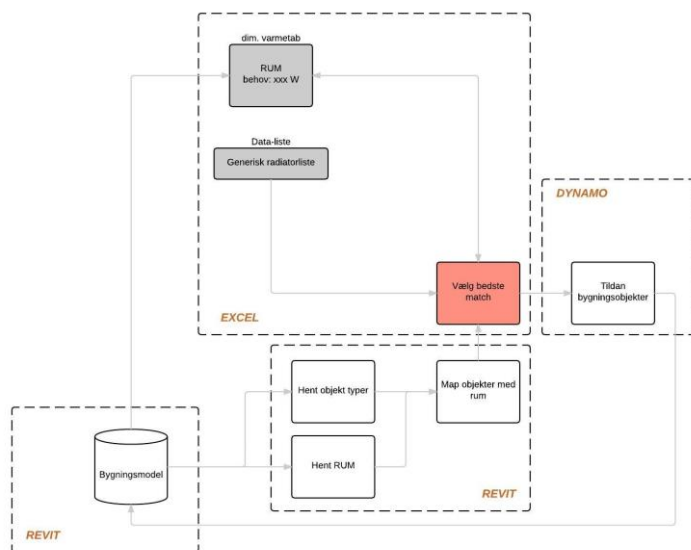
Det er forklaret hvordan der for det dimensionerede varmetab er et behov for udtræk af data. De specifikke data der for denne rapport fokuseres på er listet nedenstående:

Klimaskærm		ID	Output
Ydervæg		21	m ² (areal)
	Vinduer	32.1	m ² (areal)
	Døre	32.2	m ² (areal)
Tag		27	m ² (areal)
Terrændæk		13	m ² (areal)
Fundament		12	m (længde)

Tabel 3.1-1 Tabel over data behov

Det forventes at de ønskede data, kan leveres ved et udtræk direkte fra en bygningsmodel. I fasen hvor et dimensionerende varmetab typisk udføres, vil dette være en design-model i informationsniveau 2-3. Herved bør klimaskærmens værdier være givet, og de overordnede mål være konsistente.

I forhold til det anvendte software, er **Figur 3.1-2** udviklet for at illustrere et data flow gennem forskellige applikationer. Som et konceptuelt sprog, er indholdet i kasserne illustreret med principper som: "Hent RUM". Der er ikke sket en konkretisering, men det forudsættes i modellen at opgaven yderligere kan nedbrydes og danne grundlag for en senere detaljeret behandling.



Figur 3.1-2 Sekvensmodel i forhold til software og type af opgave

3.2 KONCEPTUEL LØSNING

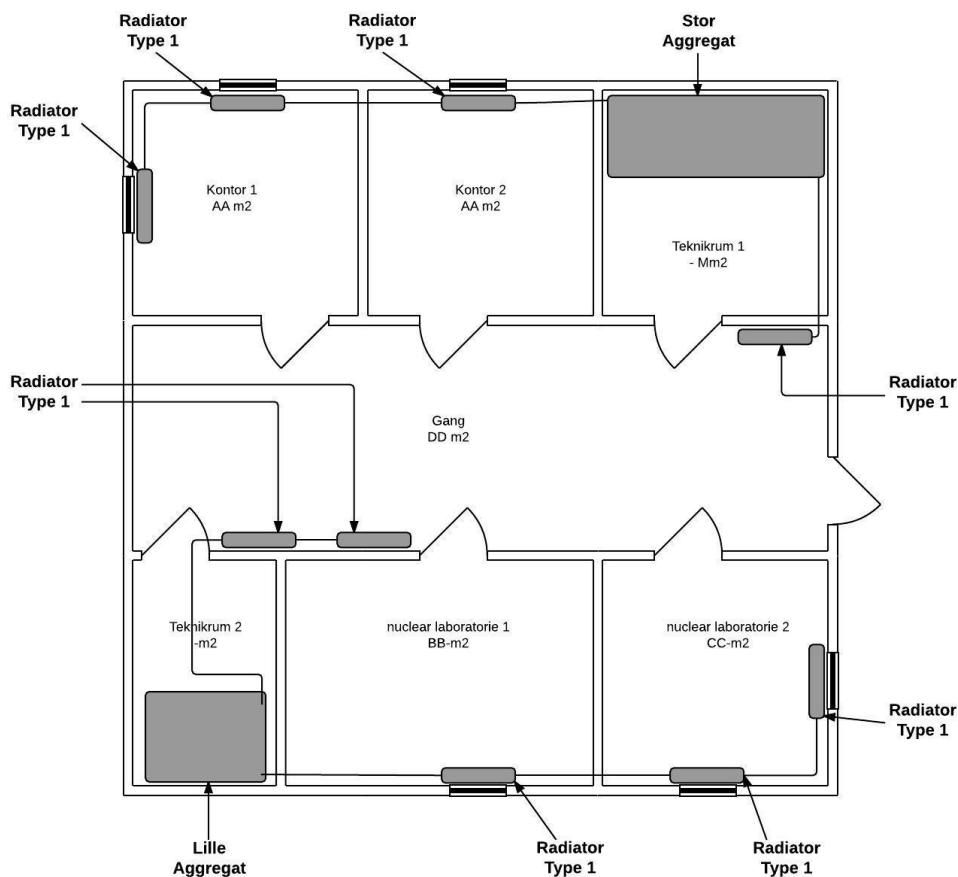
Dette afsnit er i relation til Contextual Design en Visioning fase. Analysen er afsluttet, den endelige problemformulering ligger fast, og forudsætningerne for en løsning er beskrevet. Bearbejdningens rammer er nu klare, og den bedst mulige løsning skal findes. Dette gøres ved konceptuel idegenerering som en del af visioning processen.

Der vil i dette afsnit blive arbejdet med at undersøge hvordan man med dynamo, kan automatisere traditionelle manuelle processer. Her er det primært to ting der vil blive belyst; hvordan kan man lave et systemdesign, hvor man udtrækker informationer fra bygningsmodellerne og bruger dem i ingeniørens beregninger; og hvordan kan man bruge disse beregninger til at forme/manipulere relevante bygningsobjekter, så ingeniørens beregninger og bygningsmodellerne stemmer over ens.

De anvendte figurer i afsnittet er generelt en bastard af mange forskellige idégenereringsmetoder, såsom som pseudo- code/design, brainstorm, mockups, og konceptuel prototype.

De tager udgangspunkt i kendte teknologier som Revit, Dynamo og en databaserepræsentation, som dRofus. Disse giver supporterende kendte funktioner som objektbibliotek, bygningsmodeller, databaser og ingeniørens beregningsmodeller. Med alle disse byggeklodser forsøges der nu at lave et systemdesign, der løser den endelige problemformulering. Det nye ved dette systemdesign, er at der udvikles en form for central database hvor resultatet af alle de omkringliggende beregninger, og informationer lagres. På denne måde kan relateres til hinanden. Det er tanken at Dynamo så skal beregne og udvælge objekter (radiator) fra objektbiblioteket og placere den korrekt i bygningsmodellen.

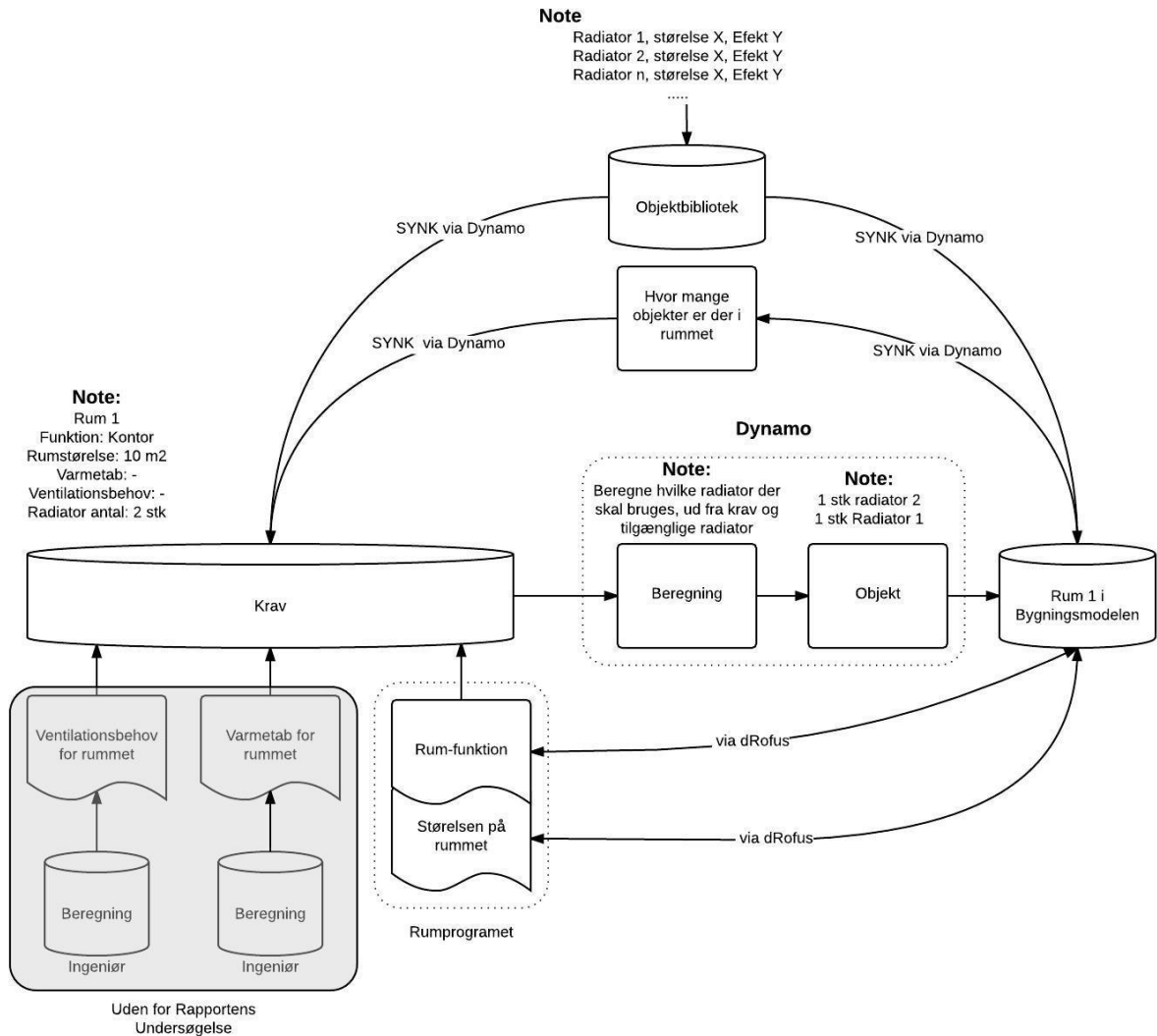
Nedenstående **Figur 3.2-1** viser hvordan der er udviklet en konceptuel model, som eksempel på en bygningsmodel. Der er indeholdt anvisninger af radiator i de enkelte rum og optræder som et storyboard af en senere nødvendig bygningsmodel udarbejdet i Revit.



Figur 3.2-1 Konceptuel model af en bygning

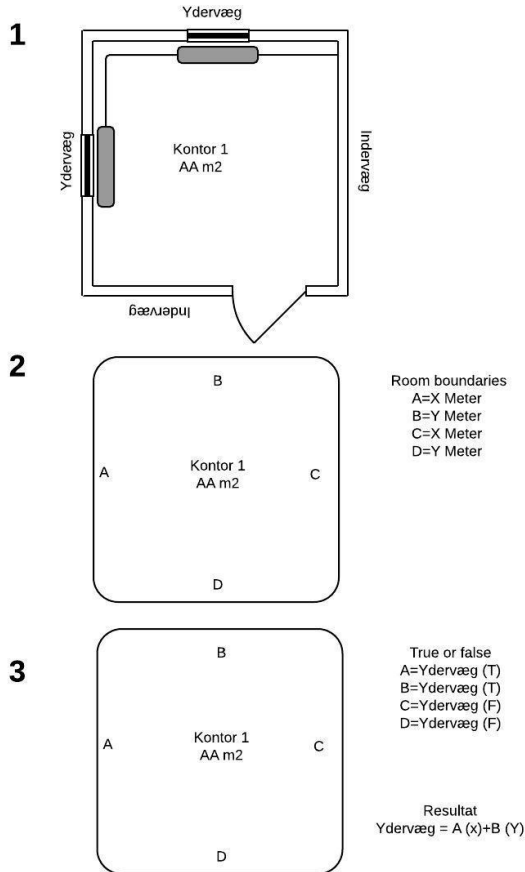
3.2.1 POTENTIAL LØSNING MED DYNAMO

På et konceptuelt niveau er nedenstående **Figur 3.2-2** udviklet. Den illustrerer hvordan der ud fra en krav model kan udføres en beregning og tildanning af bygningsobjekter med Dynamo. Den markerede boks i figuren, viser: "uden for rapportens undersøgelse". Her forudsættes alle de beregninger som ingeniøren udfører at være placeret. Forfatterne mener at disse beregninger er yderst relevante, men rent fagligt ligger de uden for løsningen. Forfatterne er godt klar over at ingeniøren skal bruge informationer fra bygningsmodellerne for at kunne lave korrekte beregninger og dette område ses særligt relevant for løsningen.

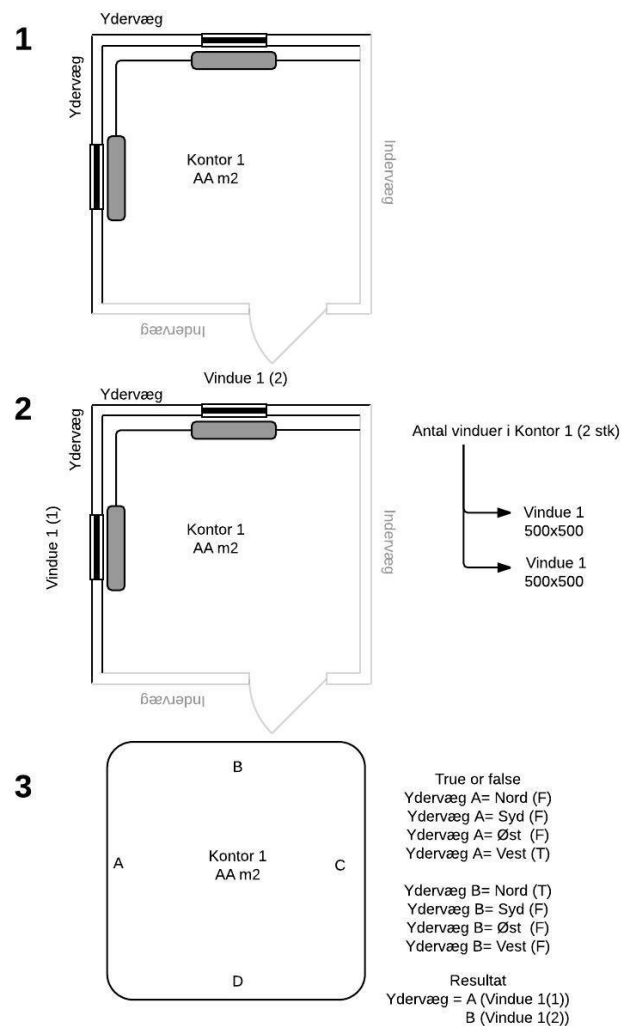


Figur 3.2-2 Konceptuel model for objekt design

Som eksempel på et dataudtræk, ses nedenstående **Figur 3.2-3**. Her vises det konceptuelt, hvordan der kan trækkes data ud på rumniveau (fase 1), for lokalisering af hvilke tilstødende bygningsdele som er ydervægge. Herefter beregnes deres samlede længde og senere areal (fase 2). Efterfølgende illustreres der hvordan man logisk kan tilskrive værdier som true/false, for den videre bearbejdning af bygningsobjekterne (fase 3). Efterfølgende viser **Figur 3.2-4** en fase 2, hvor det undersøges hvilke ydervægge der er host for vinduer og døre.



Figur 3.2-3 Koncept for lokalisering af ydervæg (klimaskærm), fase 1



Figur 3.2-4 Koncept for lokalisering af komponenter for ydervægge, fase 2

3.2.2 BEHANDLING OG KONSTISTENS AF DATA

Når der skal udvikles en prototype med Dynamo, findes det relevant at afsøge hvorledes data skal behandles. Fordelen ved at arbejde med bygningsmodeller og bygningsobjekter, er at selve objektet kun eksisterer som én forekomst. Dette forudsættes ud fra en betragtning om at der udføres konsistenskontroller af bygningsmodellen før en udviklet løsning startes. Ved kun at have en forekomst af det unikke objekt, skabes direkte også en konsistens af data. Det er derfor vigtigt for løsningen, at den bevarer denne sammenhæng mellem objektet og de informationer der trækkes ud.

Der arbejdes for rapportens løsning med flere modeller for lagring af data. Nedenstående beskrives det hvordan der ses 3 umiddelbare placeringer og endeligt, hvilken der for prototypen arbejdes med.

Modeller for lagring af data

Beskrivelse af lagermuligheder gøres med baggrund i BIM-handbook, samt forfatterens videngrundlag fra tidligere erhvervs erfaring.

Revit Database

Alt data vedrørende bygningsmodellen, er lagret i Revit. Dette vil sige, at egenskabsdata vedrørende beskrivelser, kalkulationer, regler, standarder osv. skal indtastes i Revit. Herved skabes mulighed, for at trække data ud af Revit og videre til en anden platform.

Ud fra denne model, vil Revit agere som det primære BIM-værktøj og platform, hvorfra alt data kan udveksles.

Ekstern Database

Alt data vedrørende bygningsmodellen, er lagret i en ekstern database. Dette indebærer at der skal skabes et permanent link mellem alle bygningsobjekter i Revit og den eksterne database.

Ud fra denne model, vil Revit agere som et rent modelleringsværktøj og selve BIM metoden vil vedrøre de data som er til stede i eksterne databaser.

Workflow optimeret model

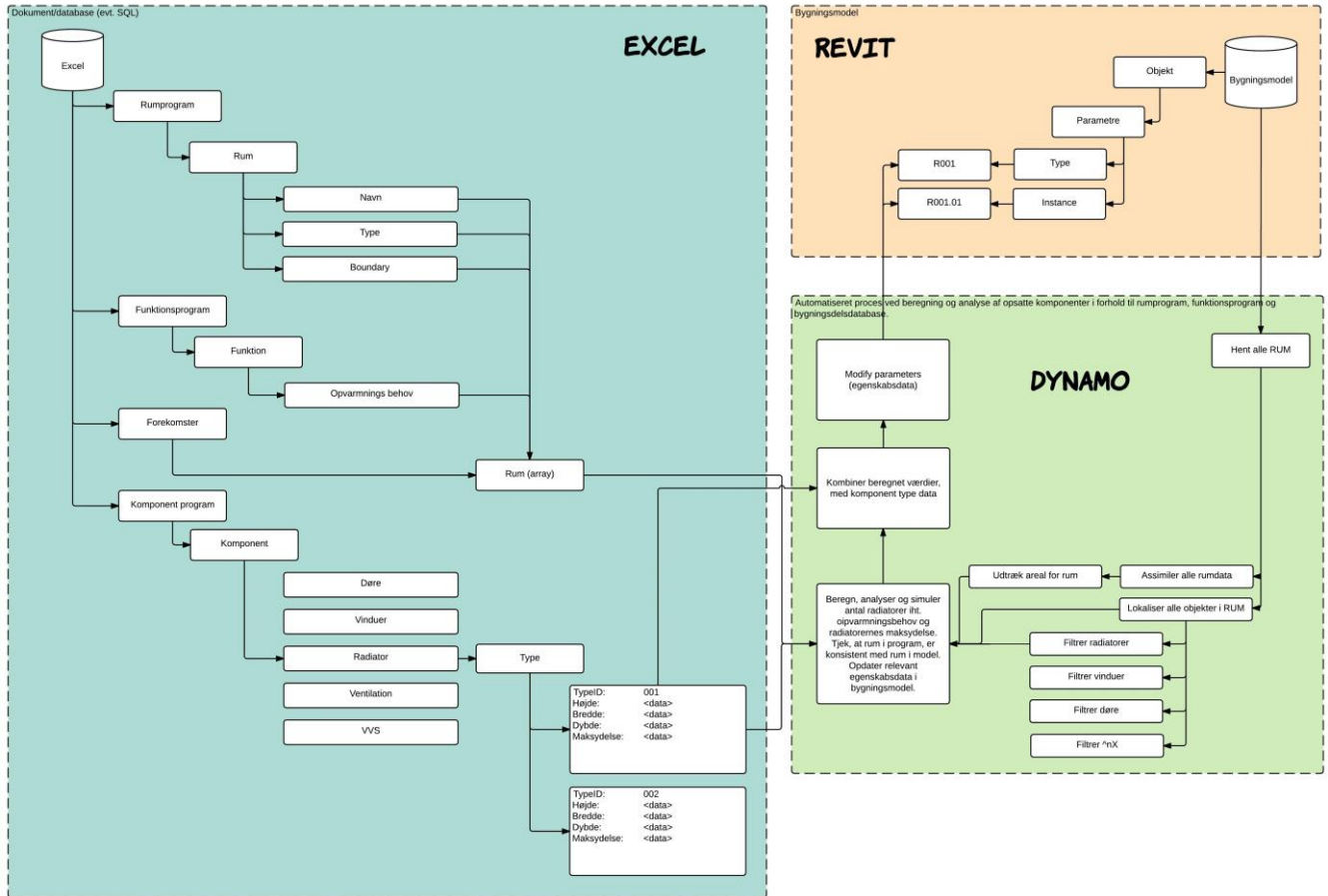
Alt data sikres at være allokeret i en ekstern database. Forstået på den måde, at Revit anvendes til arbejdet med BIM og bygningsmodeller, men data konsistensen sikres gennem eksterne databaser. Alle forekomster af bygningsobjekter er identificeret i Revit, og tilsvarende linket i den eksterne database. Herved skabes en mulighed, for at sikre konsistens mellem beskrivelser, kalkulationer, standarder osv. og bygningsmodellen.

Ud fra denne model, vil Revit agere som BIM-værktøj, koblet sammen med en ekstern database som platform. Samlet set kan dette udbygges med en BIM-server, der vil fungere som det overordnet BIM-miljø.

For det videre arbejde med udvikling af prototypen, tages der udgangspunkt i modelvariant 3. Revit anvendes som det primære BIM-værktøj til dannelse af bygningsmodel. Der arbejdes dog ikke med en decideret ekstern database, da det ikke for løsningen skaber en direkte værdi som prototype. Imidlertid vil Excel anvendes som primær database for udtræk af data, samt udførelse af beregninger som grundlag for objektdesignet. Dynamo anvendes endvidere både som bindeled mellem Revit og Excel, samt som løsning for selve prototypen.

Systemdesign

Nedenstående **Figur 3.2-5 (Bilag 5 - Grafisk opstilling af workflow mellem Excel, Revit og Dynamo)** viser hvordan et design af system kan se ud. Fra bygningsmodellen trækker Dynamo data ud og behandles i forhold til en kravmodel i Excel. Dette ses som en komplet løsningsmodel, og beskrives derved som et system. Det vil ligge udenfor rapportens prototype af udvikle dette komplette system, men vil som en brainstorm ligge til grund for udvikling af delløsninger.



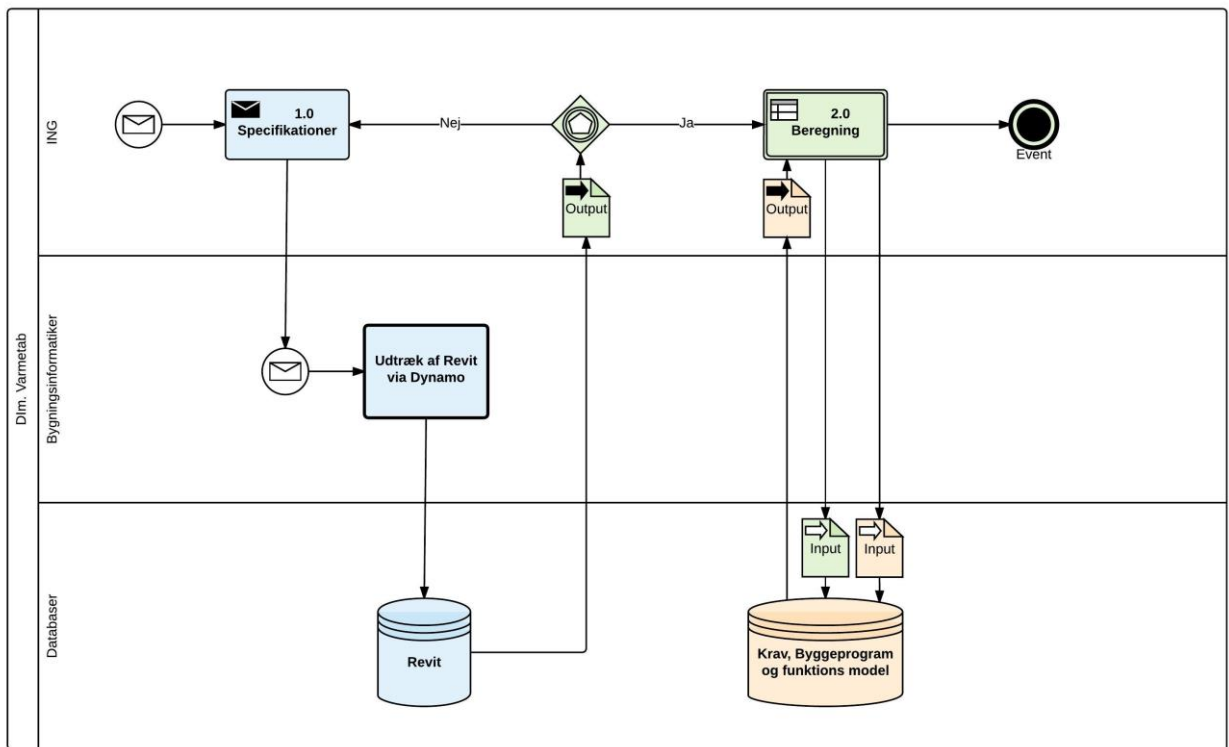
Figur 3.2-5 Grafisk opstilling af workflow mellem Excel, Revit og Dynamo.

I forlængelse af arbejde med udvikling af prototypen og lagring af data, undersøges det også hvordan de påvirkede faggrupper og brugere kan anvende løsningen. Det undersøges efterfølgende hvordan forskellige faggrupper kan udføre en udveksling med hinanden for at skabe grundlag for løsningens data.

3.2.3 SEKVENSMODEL FOR ET SAMARBEJDE

Som et samarbejde mellem faggrupper kan det eksemplificeres ved en bygningsinformatiker (BI) og en ingeniøren der arbejder sammen. Der hentes, lagres og specificeres data i forbindelse med et fælles mål om at forbinde det dimensionerende varmetab med bygningsmodellen. Herefter, gennem Dynamo at påvirke radiator-familierne i Revit, så der opleves konsistens af data.

Nedenstående **Figur 3.2-6** viser hvordan BI på et konceptuelt niveau kan automatisere ingeniørens traditionelle og manuelle opmåling. Ingeniøren starter processen med at lave en specifikationspakke (1.0) til BI, der klart beskriver hvilke data han har brug for, hvordan de skal se ud og hvordan de skal struktureres. BI udtrækker de informationer som ingeniøren har efterspurgt fra bygningsmodellen gennem et script i dynamo. De bliver leveret som et output til Ingeniøren i Excel, som kontrollerer at de stemmer overens med specifikationerne. Derefter anvendes de i beregningen (2.0) for at danne et output af energikrav, funktion af rum (dette output er uden for rapportens undersøgelse, som det ses af afgrænsningen i **afsnit 1.2.2**). Beregningen leverer to input til databasen, et der beskriver dimensioneringen af radiatorerne og det andet som resultatet af det dimensionerende varmetab.

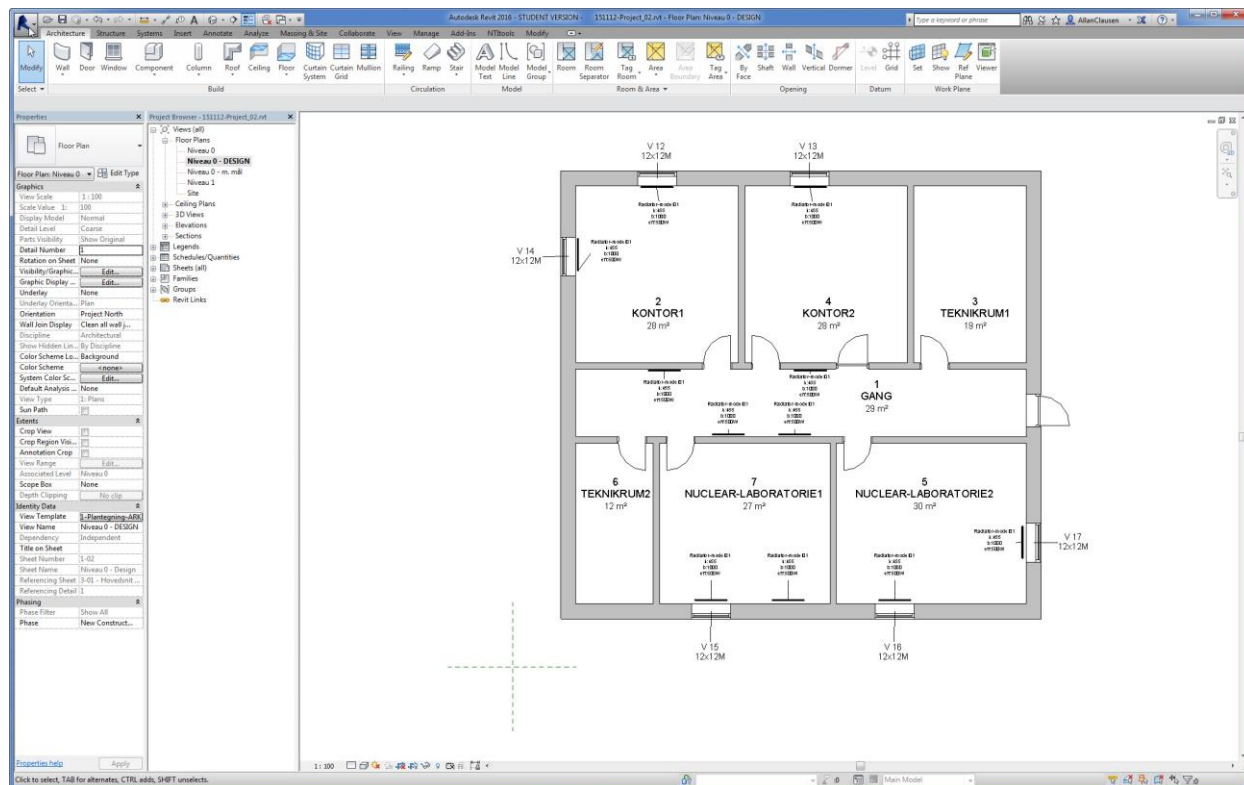


Figur 3.2-6 IDM af proces med varmetab 01

3.3 UDVIKLING AF LØSNING

For udvikling af en prototype er det tidligere beskrevet hvordan forfatterne har valgt at konstruere en bygningsmodel case. Dette begrundes i at sikre en middel kompleksitet for at synliggøre primært hvordan Dynamo som løsningsværktøj opererer.

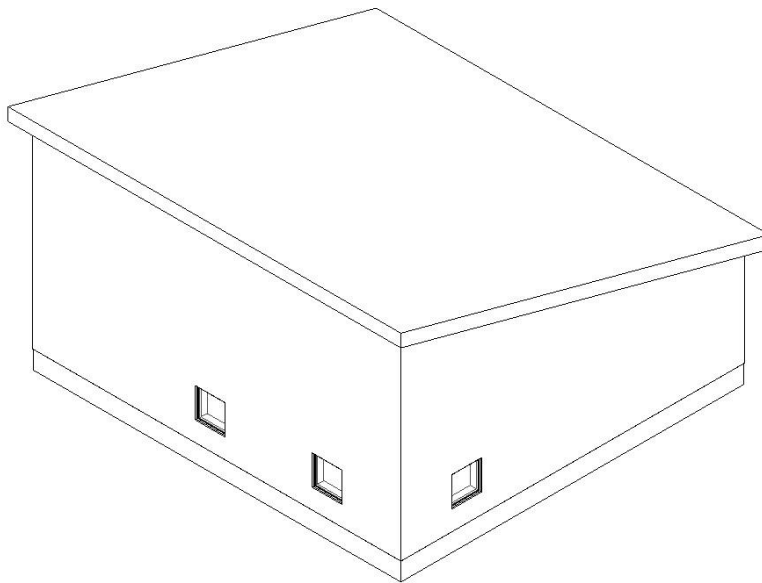
Nedenstående ses afbilledet den udarbejdede bygningsmodel, der anvendes som grundlag i det videre arbejde med løsningen og rapporten.



Figur 3.3-1 Projekt-bygningsmodel, udarbejdet som forsøgs case

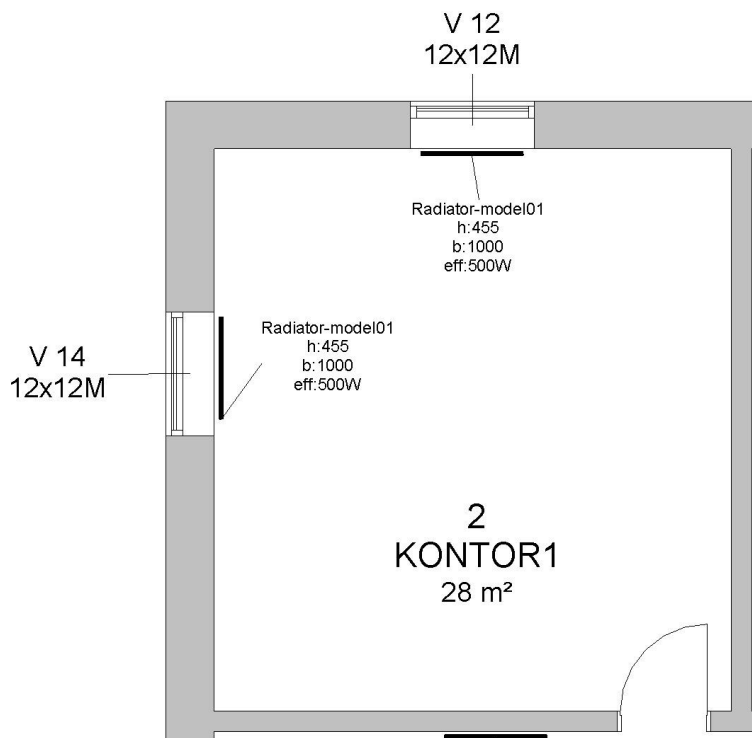
Bygningsmodellen er simpelt opbygget. Komplexiteten er holdt på et lavt niveau, for at simplificere løsningsmodellen mod unødigt at tage væsentlig tid fra kerneproblematikken – at anvende Dynamo til dynamisk objekt-design.

Som det ses af **Figur 3.3-1** består bygningsmodellen af en etages bygning. Der arbejdes med i alt 7 rum, med forskelligartede funktioner. Der er indbygget væsentlig benspænd for en løsningsmodel, i at ikke alle rum har samme antal ydervægge og antallet af radiatorer kan variere. Ydermere kan der ikke blot kan udtrækkes et areal af ydervægge ud fra en højde og bredde af vægge, da taget har en ensidig hældning, og ydervægge derfor ikke bliver rektangulære.



Figur 3.3-2 Bygningsmodel, 3D integritet - illustreret omfang og kompleksitet

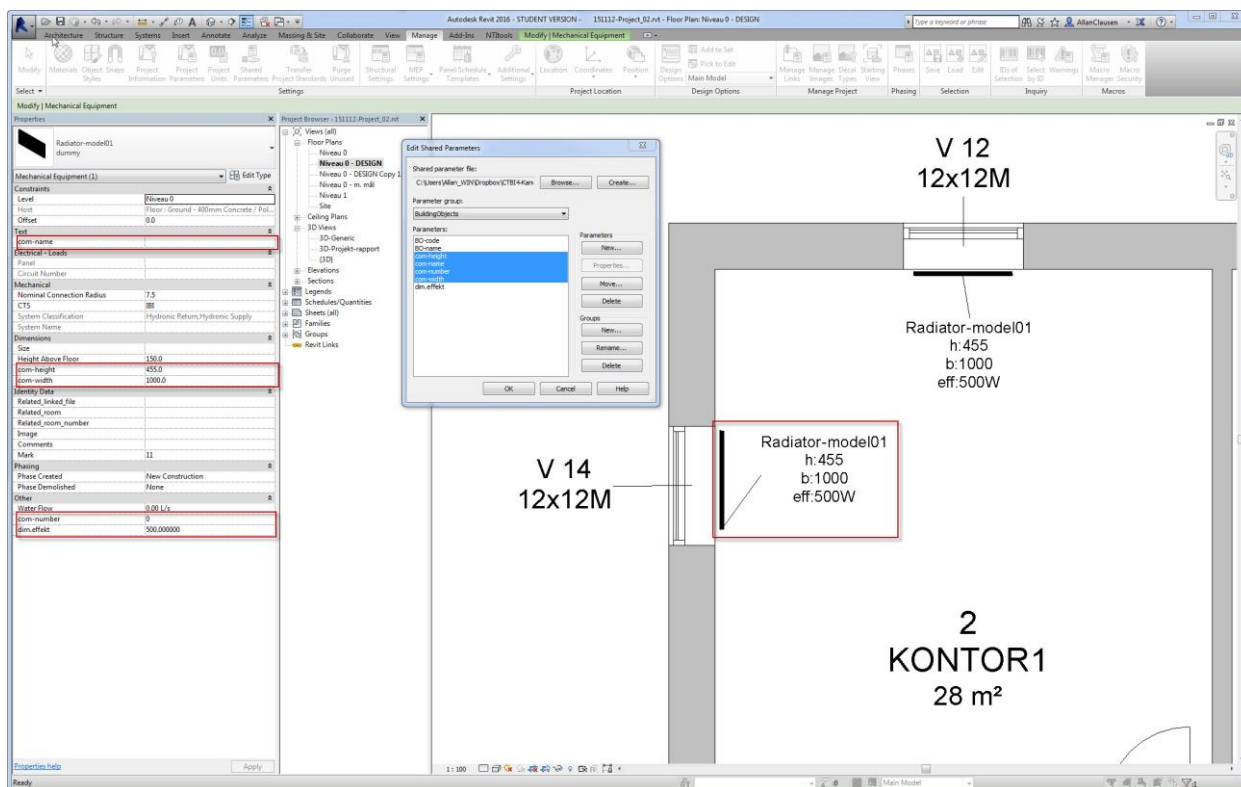
Fra den konceptuelle model vist ved **Figur 3.2-1**, er der udviklet en bygningsmodel som er forberedt med den beskrevne funktionalitet. Det kan bemærkes, at alle radiatorer indledningsvis er af samme type, dimension og ydeevne. Således kan det monitoreres senere gennem løsningsmodellen, hvordan der sker ændringer ved datapush til modellen.



Figur 3.3-3 Bygningsmodel, konkretisering af konceptuel model

For arbejdet med projektcasens bygningsmodel både internt i Revit og eksternt i Dynamo, er der oprettet forskellige 'shared parameters'. Der er et ønske om at kunne 'tagge' bygningsobjekter i Revit, med de korrekte egenskabsværdier på tværs af objekt instance og type. Dette sikres gennem arbejde med objektets parametre som shared parameters.

Nedenstående figur, illustrerer hvordan der i projektet arbejdes med især 4 shared parameters, der anvendes som data pull og push. Navngivningen ses som at starte med 'com' (computed), efterfulgt af en betegnelse af egenskabsnavnet: "Height", "Width", "Name" og "dim.effekt".



Figur 3.3-4 Bygningsmodel, arbejde med shared parameters i Revit og egenskabsdata for radiator objekter

Bygningsmodellen er lagret i et proprietært Revit format (.rvt) og indholdt heri er forskellige families, hvor især radiatoren er essentielt. For selve radiator familien (.rfa), er de samme shared parameters oprettet som egenskabsnavne.

3.3.1 USER ENVIRONMENT DESIGN

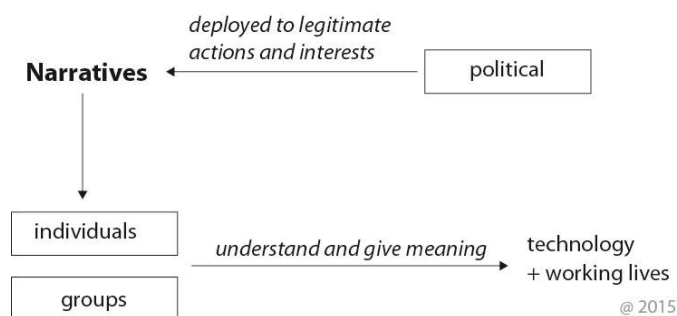
For rapportens løsningsmodel, udvikles der ikke et komplet system som en applikation. Derved søges der ikke mod et User Environment Design der tager afsæt i et struktureret system, men derimod et fragmenteret system, med flere applikationer.

Af funktionsbaserede krav, er det tidligere beskrevet hvordan det endelige mål er at anvende Dynamo til udtræk af data (pull) og levering af data (push), til forskellige applikationer. Herunder også at udføre en vis form for beregning som algoritme undervejs.

Forståelse af et nyt system

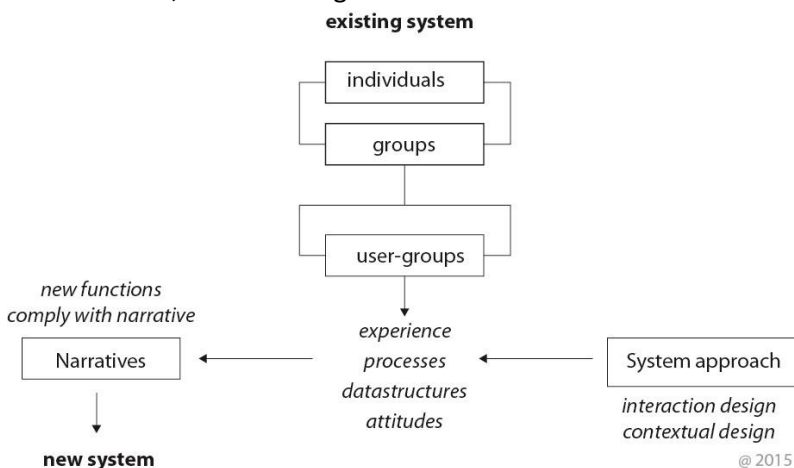
Anvendelsen af et Narrativ, som en beskrivelse af systemet og de funktioner det har, kan anvendes for at hjælpe brugere til at forstå systemet (BROWN 1998). Det er for rapporten både en del af et User Environment, samt et led i en senere implementering af løsningsmodellen.

Figur 3.3-5 viser hvordan der for et Narrativ er relationer til en organisatorisk sammenhæng. Det udvikles med politiske intentioner, for at skabe en sammenhæng og forståelse for brugere (individuals), samt de grupper af brugere der eksisterer i en virksomhed (groups). Narrativet har som et direkte formål, at skabe mening dels for brugere men dels også for de grupper de arbejder i, eller den teknologiske ramme de besidder – for at sikre en senere implementering af den nye teknologi.



Figur 3.3-5 Sammenhæng mellem Narrativ og bruger, samt brugergrupper

For det eksisterende system, er det tidligere beskrevet hvordan der udføres et workflow, som en manuel proces hvor der sker en udveksling af informationer frem og tilbage. Nedenstående **Figur 3.3-6** viser hvordan et eksisterende system eller arbejdswflow, kan være forankret dels hos brugere men dels også ved brugergrupper. Herunder, at der kan være indarbejdede rutiner delt over flere fagdiscipliner, hvorved en forandring, som implementering af systemet, skal ske i flere virksomheder, over flere organisationer.



Figur 3.3-6 Illustration af en forandring af et eksisterende system, som erstatning med et nyt system.

Af figuren ses det at kernen for udviklingen af det nye system, er at en narrativ beskrivelse opfyldes, for at sikre en bred forståelse hos brugere. Et narrativ, der har til formål at skabe en beskrivelse brugere kan spejle sig i, assisterer det nye system i en implementering, således brugere lettere kan skabe forståelse for det.

For at skabe forståelse for en bruger af et system, kan der udvikles personas⁹ som en beskrivelse af de brugerprofiler som medarbejdere kan identificere sig med.

Personas af ansvarsområder og grænseflader

At lave en persona af forskellige ansvarsområder i byggebranchen kan være en vanskelig opgave. Karakteristika omkring de forskellige fag er fiktive, og ikke skrevet for at fremhæve nogle og underminere andre. Det er karikeret i et vist omfang, og illustrerer blot hvordan rapportens forfattere ser eksempelbrugere af det samlede system.

Faglige personas, har ingen relation til rapportens undersøgelsesvirksomheder, men er bygget på forfatternes tidligere erhvervs erfaring. Nedenstående beskrivelser udgør rapporten brug af personas.

Bygherre

Som professionel bygherre er arbejdet med realisering af bygværket efterhånden blevet en rutine. Gennem flere byggerier er der gjort erfaringer af både gode og dårlige udfald. Herved, er der en klar formaning til rådgiverne om at gå den digitale vej med byggeriet. Gennem de mange projekter, er erfaringer gjort og en teknologisk udvikling fulgt, så bygherre er bekendt med nye trends og muligheder for det digitale byggeri. Han ser gerne at rådgivere anvender ny teknologi for at fremme en konsistens og integritet af det forventede bygværk.

Bygherre har sat sine krav til byggeriet i form af et byggeprogram, hvor der gennem beskrivelser illustreres for rådgivere hvordan bygværkets form og funktioner ønskes.

Arkitekt

Arkitekten på projektet udfører en delt rådgivning sammen med Ingeniøren. Det er klart at se hvordan bygherren gerne ønsker et digitaliseret byggeri, og derfor har Arkitekten startet sin skitseringsproces i Revit. Allerede fra starten, kan bygherre følge projektets udvikling gennem visuelle bygningsmodeller. Ud fra det beskrevne byggeprogram er der fremkommet en design model, som grundlag for det videre arbejde. Sammen med Ingeniøren er modellen udviklet som fagmodeller der gennem konsistenskontroller er kontrolleret for alvorlige fejl og mangler.

Da bygherren har ønsket et arbejde med digitale bygningsmodeller, er arkitekten blevet rost for sit tidlige arbejde. Det giver mod på mere, og han har i fællesskab med ingeniøren aftalt at undersøge nye teknologier for at udføre mere automatiserede handlinger i Revit.

Ingeniør

Sammen med Arkitekten har Ingeniøren ansvaret for den samlede rådgivningsydelse. Hvor arkitekten måske er lidt længere fremme i anvendelse af nye teknologier, såsom virtuelle bygningsmodeller, har ingeniøren til gengæld det største potentiale ved implementering af digitale arbejdsmetoder. Han sidder nemlig med et ansvarsområde, hvor der er store muligheder for alle de forskellige komponenter han skal organisere. At modellere alt, mener han ikke giver maksimal værdi, men han bruger energi på at finde ud af hvilke områder det kan give værdi at modellere, for at sikre sin egen forretning.

For projektet er det ingeniøren som udfører det dimensionerende varmetab, men han er delvist afhængig af det arbejde arkitekten laver med designmodellen. Normal, måler han selv op fra

⁹ Persona - <http://www.leire.dk/media/507821/borgerdk-baggrundsrapport.pdf>

tegninger for at finde de data han skal bruge til sin beregning, men denne gang har de aftalt at forsøge et data udtræk fra designmodellen. Der er imidlertid ingen af dem, som har direkte erfaring med de nye teknologier der kan anvendes til dette – så derfor hyrer de en bygningsinformatiker ind. Det er deres tanke, at han kan arbejde med udviklingen af nye processer og metoder, samt udviklingen af det nye system.

Bygningsinformatiker

Som konsulent på projektet bliver bygningsinformatikeren ansat hos ingeniøren, for at arbejde med udvikling af nye processer og metoder for digital projektering. Han går straks i gang med at undersøge de faggrupper som skal anvende systemet og klarligger deres nuværende rutiner. Ud fra dette undersøger han hvordan det kan gøres mere effektivt og automatiseret. Han udvikler i samarbejde med en programmør et nyt system med Dynamo, der kan trække data og informationer ud af bygningsmodellen og efterfølgende opdatere dem igen. For projektet undersøges den dimensionerende varmetabsberegning, men han siger at løsningen er skalérbar, og det er kun fantasien som sætter grænserne. Når data er trukket systematisk ud af bygningsmodellen, kan man bruge den til alle mulige ting.

Bygningskonstruktør / teknisk assistent

For både Arkitekten og Ingeniøren er der ansat flere bygningskonstruktører og tekniske assistenter, der normalvis udfører det meste projektering. Det har ikke været deres tanke, at overflødiggøre disse ved et nyt system, men primært at give dem nye arbejdsværktøjer. Som en del af bygningsinformatikerens arbejde, er det at instruere konstruktører og assistenter, i brugen af systemet. Der er talt om at finde en konstruktør med teknisk flair og snilde, der kan supportere systemet fremover i det daglige.

Ovenstående personas vil for rapporten blive anvendt i det følgende afsnit som faktor i et narrativ af systemet.

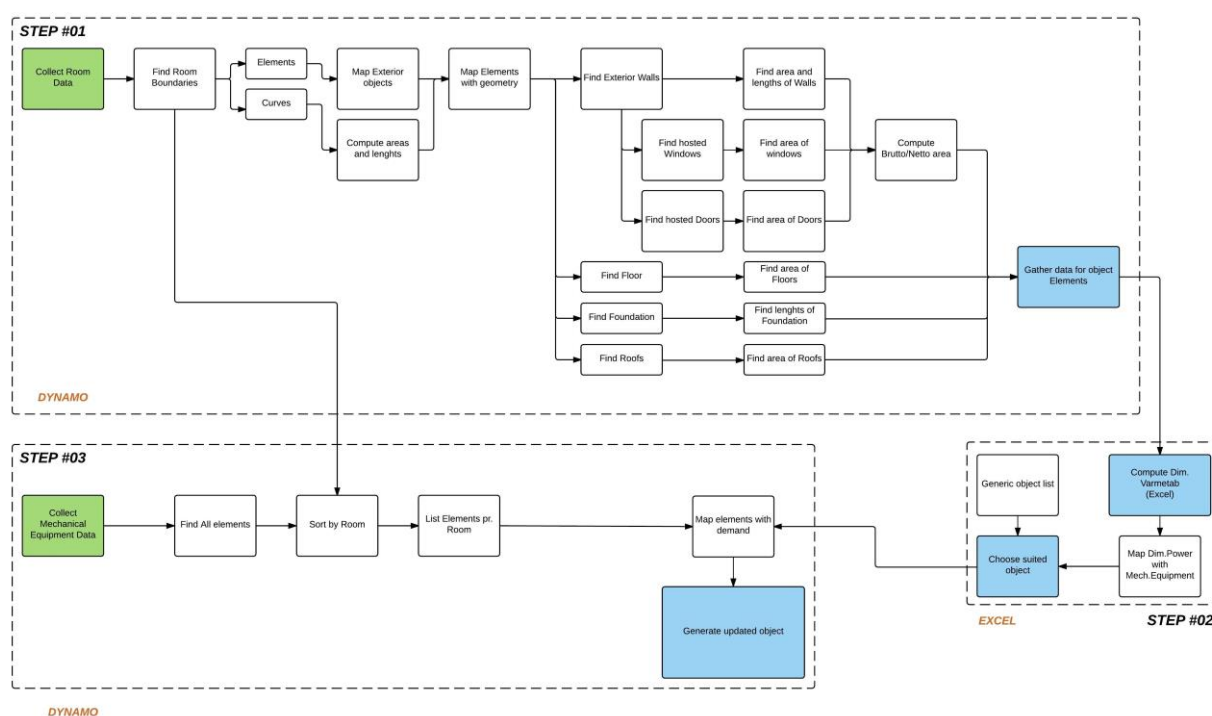
Narrativ som sekvensmodel af systemets miljø

Af rapportens **Afsnit 3.2** med en konceptuel løsning, viderebearbejdes denne som en mere detaljeret sekvensmodel. Med til sekvensmodellen er der udarbejdet en beskrivende fortælling som en del af et narrativ, hvor brugerfunktioner introduceres gennem de tidligere personas. Nedenstående fortælling indledes med en beskrivelse af projekopstarten:

Ved det første projektmøde aftales det at man ønsker at undersøge mulighederne for at anvende Dynamo for udtræk af data fra arkitektens design-bygningsmodel. Arkitekten fortæller at den findes i informationsniveau 2 og alle bygningsobjekter er oprettet ud fra den aftalte struktur. Ingeniøren forklarer hvordan han har hyret en bygningsinformatiker ind, for at arbejde med systemudvikling og undersøge de nye processer. Der forklares af informatikeren mere indgående hvilken funktion systemet kan få og hvordan dette kan skabe en større konsistens af data, og lette de forskellige fags arbejdsområder og indsats.

Samlet set er alle tilfredse med beslutningen og glæder sig til at arbejde med nye teknologier og udvikling af deres eksisterende processer. Der er skabt en fællesskabsfølelse af at de har gang i noget spændende og godt.

Nedenstående **Figur 3.3-7 (Bilag 6 - Sekvensmodel af data udtræk fra design-bygningsmodel)**, illustrerer hvordan der med en mere detaljeret sekvensmodel, kan skabes en oversigt for udtræk af de ønskede data. Modellen er udarbejdet uafhængigt af hvordan Revit opererer og illustrerer blot en logisk rækkefølge af data udtræk. Ydermere, viser modellen også hvordan der efter et dataudtræk, og en automatiseret behandling af data, udføres et objektdesign. Dette vil rapporten senere vende tilbage til. Modellen er omkranset af flere stiplede firkanter, der samler de forskellige opgaver i deres respektive software applikation samt deler løsningen i 3 trin (steps).



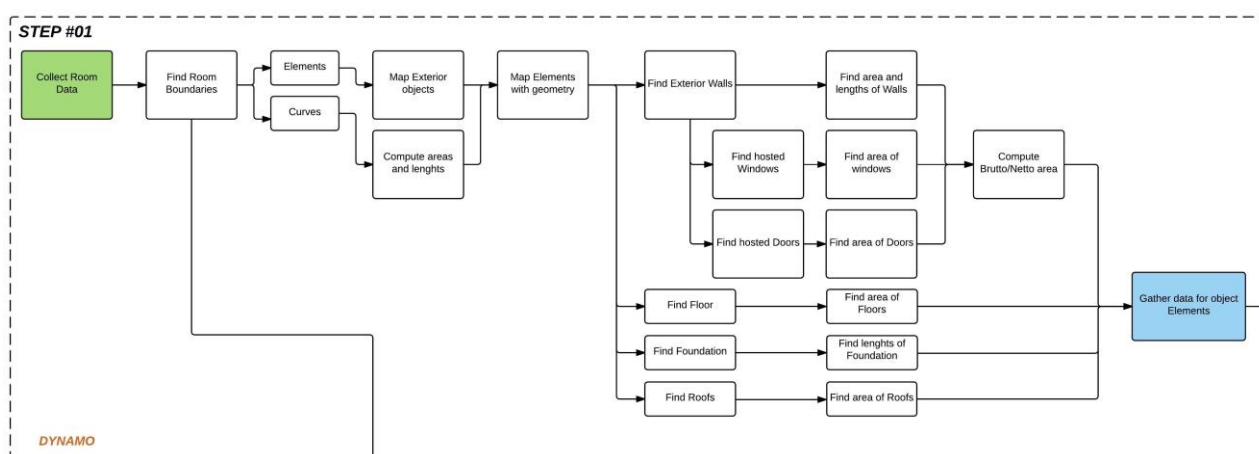
Figur 3.3-7 Sekvensmodel af data udtræk fra design-bygningsmodel.

Som det ses af **Figur 3.3-7** illustreres der to software applikationer. For Dynamo som applikation er det tilmed forudsat at der er en aktiv Revit applikation kørende, så Dynamo kan tilgå bygningsmodellen. Således ses step #01 og #03 at være Dynamo, hvor step #02 optræder som Excel.

Bygningsinformatikeren har forklaret hvordan en konceptuel proces for systemet ser ud. Gennem en mere detaljeret sekvensmodel sætter han ord på indholdet. Han giver sig tid til at forklare systemet for alle deltagende og især for den ansvarlige konstruktør indgyder han en lyst til at arbejde med nye processer. Arkitekten og Ingeniøren kan genkende deres arbejdsopgaver i systemet og tilkendegiver at de er klar til at stille modeller og beregninger til rådighed for den videre udvikling. Sideløbende med systemets anvendelse, følger Ingeniøren sine normale rutiner og udføre en manuel opmåling for slutteligt at kunne verificere systemet.

Step #01

Sekvensmodellen dels op i de tre trin, og vil efterfølgende blive forklaret nærmere.

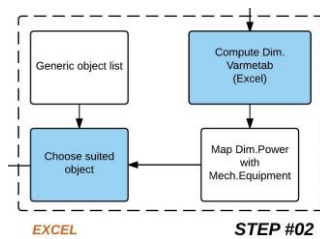


Figur 3.3-8 Løsning - step #01

For Step #01 ses det hvordan et dataudtræk sker på et sekventielt niveau. Bygningsmodellens Rum og bygningsobjekter (elements) trækkes ud, for videre bearbejdning ved data push til Excel. Selve beregningen og den senere match af en radiator ifht. Rum behov sker i Excel, der på denne måde optræder som den beregnende del af systemet.

Bygningsinformatikeren har rådført ingeniører for de data de har brug for, for at kunne udføre en dimensionerende varmetabsberegning. Ud fra disse, har han i samarbejde med konstruktører lokaliseret de relevante bygningsobjekter i Arkitektens bygningsmodel. Ingeniøren har for projektet udført en placering af radiatorer under hvert vindue i hvert rum, og arkitekten har på dette stadie godkendt dette rent designmæssigt. Konstruktøren er begyndt at være meget interesseret i den nye proces og kan mærke en stigende lyst til at fortælle andre om den succes de oplever. Arkitekten er i fasen ikke så meget med i processen men følger den interesseret på afstand. Ingeniøren ser positivt på systemet, hvis det kan virke efter hensigten vil det kunne spare ham for en stor mængde arbejdstimer.

Step #02



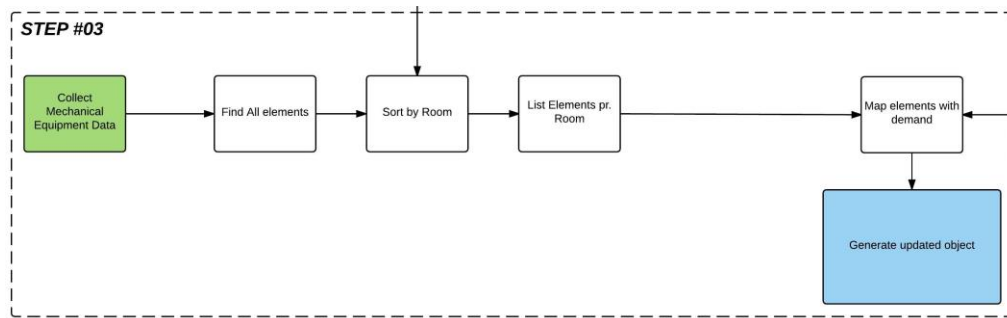
Figur 3.3-9 Løsning - step #02

For den beregnende del som Step #02, ses det at der sker en udregning af et dimensionerende varmetab. Dette sker på baggrund af de indledende udtræk fra bygningsmodellen, hvor især Rum og bygningsdele er essentielle. Ud fra disse beregnes samlet set, som en forsimplet forklaring, ud fra et behov angivet som Watt, for de enkelte rum. Dette behov, ønskes dernæst opfyldt i projektets tilfælde af en eller flere radiatorer. Ud fra en generisk liste i Excel, antallet af radiatorer pr. rum og deres ydelse matches der endeligt en radiator med det pågældende rum som angivet i **Figur 3.3-9**.

I samarbejde med Ingeniøren og konstruktøren har informatikeren udviklet et delsystem i Excel, der ud fra et dataudtræk og Ingeniørens beregningsmodel, kan vælge en radiator fra en generisk liste. Han forklarer at systemet efter step #01 og #02, har trukket de valgte data ud fra Revit og placeret dem i Excel. Ingeniører har anvendt disse data til automatisk at udføre en varmetabs beregning.

Arkitekten og Ingeniøren kan nu begynde at se systemets funktion. Arkitektens bygningsmodel danner grundlag for beregningen og skaber et visuelt billede af de data der trækkes ud. Ingeniøren kan genkende sit system for beregning, og se at det faktisk kan lade sig gøre som en automatiseret proces. Han bemærker flere gange at det er meget spændende, men man skal huske at der hele tiden skal være en manuel KS af data. I hvert tilfælde indtil systemet er verificeret. Konstruktøren har haft mange arbejdsopgaver allerede og er en stor fortaler for systemet på kontoret. Han taler rosende om løsningen og er begyndt at få andre medarbejdere interesseret også.

Step #03



Figur 3.3-10 Løsning - step #03

Efter det beregnende match af radiatorer og rum, anvendes Dynamo igen til at skrive nye egenskabsværdier til bygningsobjektet i Revit, som angivet i **Figur 3.3-10**. De tidligere udtrukne data fra step#01, anvendes igen til at sortere radiatorer (elements) pr rum, for at finde de objekter der skal skrives værdier til. Efter et match af lister med objekter og deres nye værdier, skrives alle data til bygningsmodellen, således der opdateres på længde, bredde og effekt.

Hele projektgruppen er samlet, for at se den sidste udvikling ved systemet. Bygningsinformatikeren forklarer igen den samlede proces, og minder parterne om hvordan processen plejede at se ud. Allerede ved systemets step #02 kan ingeniøren se at det er en succes. Det er lykkedes at udføre et udtræk af data på en logisk måde og samtidig automatiseret i en sådan grad at bygningskonstruktøren blot kan trykke på ganske få knapper.

Det er i mellem tiden gået op for Arkitekten hvordan det tjente et direkte formål da de på et indledende møde, blev enige om en struktur for bygningsobjekter. Han tvivlede lidt på at dele sine erfaringsprocesser, men kan nu se hvordan enigheden om struktur har betydet at der er konsistente data dels i modellen men dels også tværs gennem systemet.

Efter forklaringen af det samlede system beder informatikeren konstruktøren om at køre den sidste del af systemet. Alle ser spændt med, når programmet kører og der ud fra udtrukne data og beregningen ændres i valget af radiator på rumniveau. Alle er enige om at løsningen har fungeret ud fra de givne forudsætninger, krav og ønsker – og de kan se en klar mulighed for at videreudvikle det fremover.

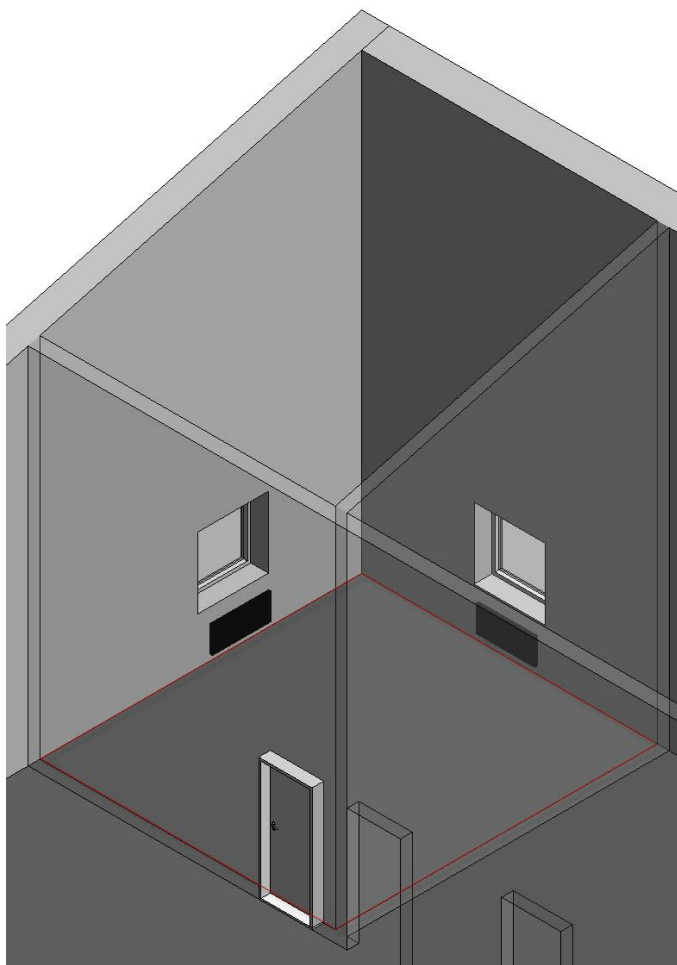
3.3.2 UDVIKLING AF PROTOTYPE I DYNAMO

Den udviklede prototype som en løsningsmodel, er udarbejdet med Dynamo, Revit og Excel. Revit udgør datagrundlaget som en bygningsmodel, der anvendes både til data pull og push. Excel optræder som eksempel på en database, hvori der forefindes relevant information omkring en dimensionerende varmetabsberegning. Dynamo anvendes som selve løsningsmodellen, til at kode et script dels for udtræk af sorteret data, men også for objekt-design gennem opdatering af egenskabsværdier for bygningsobjekter i Revit.

Den efterfølgende beskrivelse af løsningsmodellen, vil ikke være en udtømmende gennemgang node for node. Væsentlig funktionalitet vil blive beskrevet i tekst form med skriftsprog, og andre områder vil blive suppleret med en video gennemgang. Der vil løbende ske en henvisning til video-materiale, og linket direkte til forfatterens offentlige Youtube kanal¹⁰.

Selve prototypen som udviklet med Dynamo, forefindes som **Bilag 4 - Dynamo scripts (prototype)** i form af en kort beskrivelse og datafil (.dyn). Hertil findes også Excel filen(.xls) (**Bilag 3 - Beregningsmodel, Excel**) og slutteligt bygningsmodellen udarbejdet i Revit 2016 (.rvt) (**Bilag 2 - Bygningsmodel for prototype**).

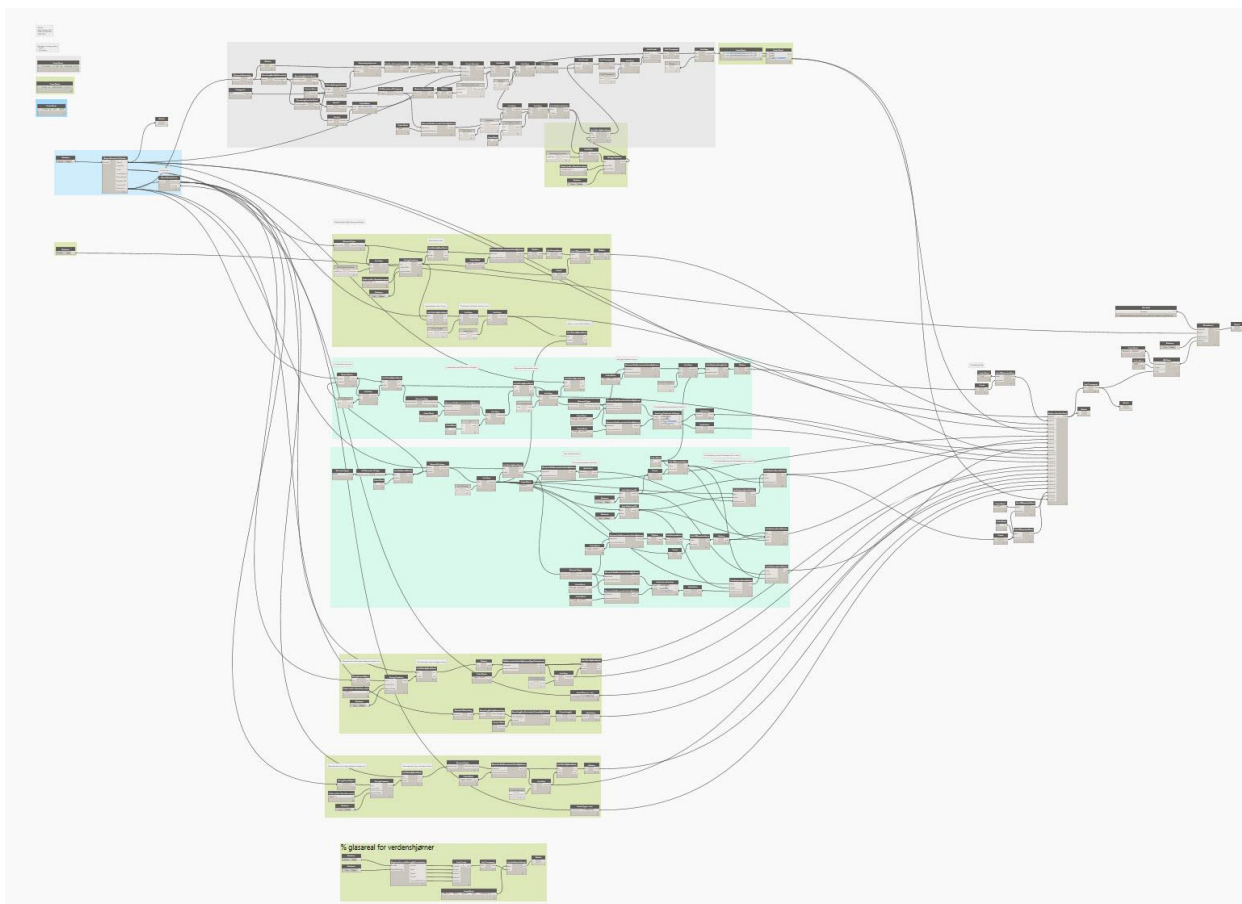
Tidligere beskrivelser af sekvensmodeller for prototypen, indeholder overordnet 3 Steps af en løsningsmodel. Trin 1 udgør den del som andrager bygningsmodellen vedrørende udtræk af data. En simpel illustration som **Figur 3.3-11** viser hvordan der for rum 1, udvælges data alt efter dets påvirkning af et rums begrænsning (rød steg).



Figur 3.3-11 Illustration af ønsket data udtræk, vedrørende Rum: "KONTOR 1" i bygningsmodel

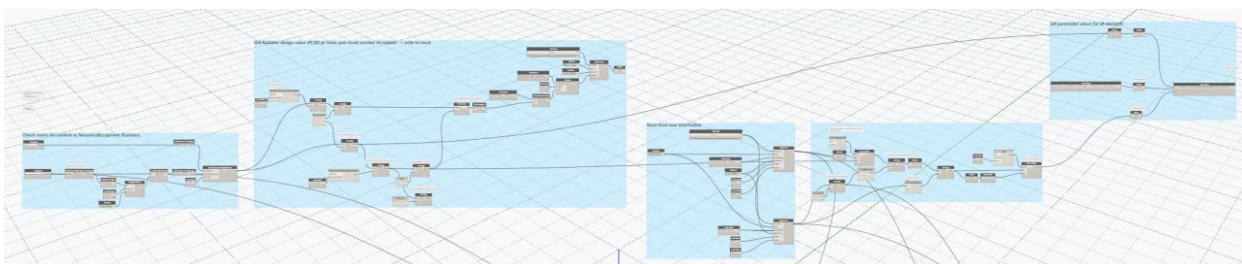
¹⁰ https://www.youtube.com/channel/UC_xLdJ-yOL6ivXZSRaNyExA

Det samlede løsningscript for Step #01, ses nedenstående af **Figur 3.3-12**.



Figur 3.3-12 Den totale løsningsmodel af Step#01 i Dynamo

Step #02 udgør herefter den del af løsningen, der udfører en dimensionerende varmetabsberegning i Excel. Nedenstående **Figur 3.3-13** illustrerer det samlede løsningscript for Step #03.



Figur 3.3-13 samlede løsning for trin 3 i Dynamo

Efterfølgende udføres en introducerende beskrivelse af koden til løsningsmodellen.

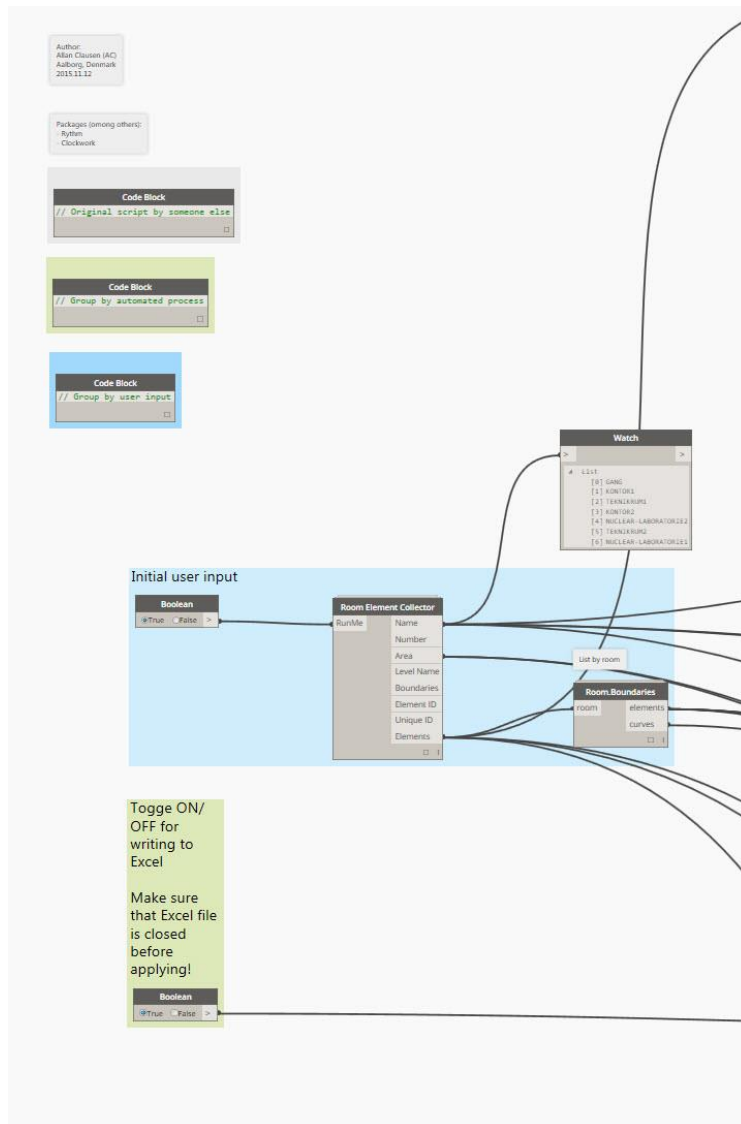
Step #01 – Data udtræk med Dynamo

Fra bygningsmodellen udtrækkes data og informationer dels som egenskabsværdier og dels som geometriske værdier. For tilgangen til data, anvendes noder i Dynamo til indledningsvis at tilgå alle rum i bygningsmodellen. I bygningsmodellen, vil ethvert rum udgøres af en geometrisk begrænsning (boundary). Et rum opfattes altså som en afgrænset enhed, der i forhold til 'et rum' som oftest består af 4 vægge. Denne boundary optræder i Revit som lineære funktioner (curves) over de 4 punkter der udgør rummets hjørner.

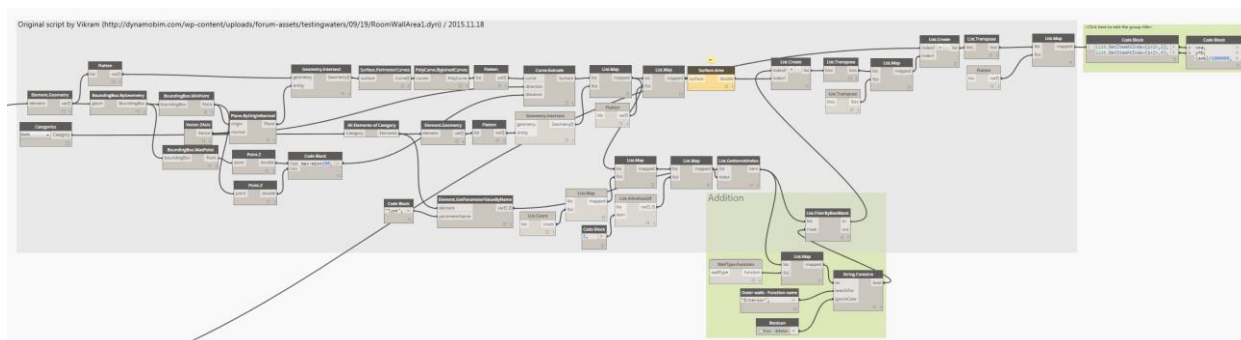
Herved kan der trækkes 4 punkter ud som koordinater, samt deres indbyrdes relationer som linjer, fra koordinat til koordinat. På denne måde gives automatisk et areal af det pågældende rum (netto), samt længder af de omkransende boundaries.

Med en ekstra node i Dynamo, udtrækkes på samme tid de elementer (byggningsobjekter), der tilstøder rummets begrænsning. På denne måde, trækkes dataværdier ud for tilstødende bygningsdele som vægge, tag og gulv.

Element udtrækket, sorteres efterfølgende i **Figur 3.3-15**, startende med vægge. Indledningsvis filtreres de vægge fra, hvor 'Revit.Function' ikke er lig med 'Exterior'. Herved sikres at der kun arbejdes med ydervægge, der for klimaskærmen er relevant iht. Det dimensionerende varmetab.

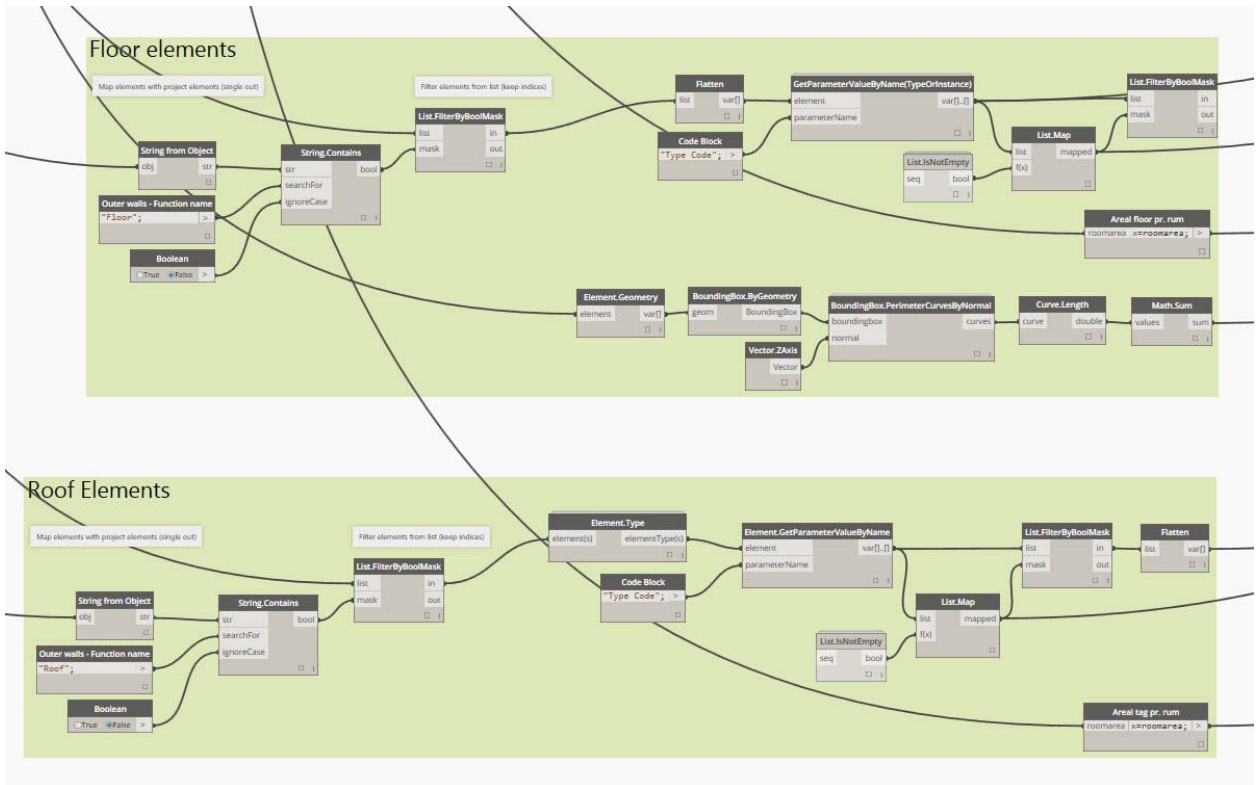


Figur 3.3-14 Step#01 - Udtræk af rum data fra bygningsmodellen illustreres



Figur 3.3-15 Step#01 - Script til lokation af ydervægs elementer og deres arealer.

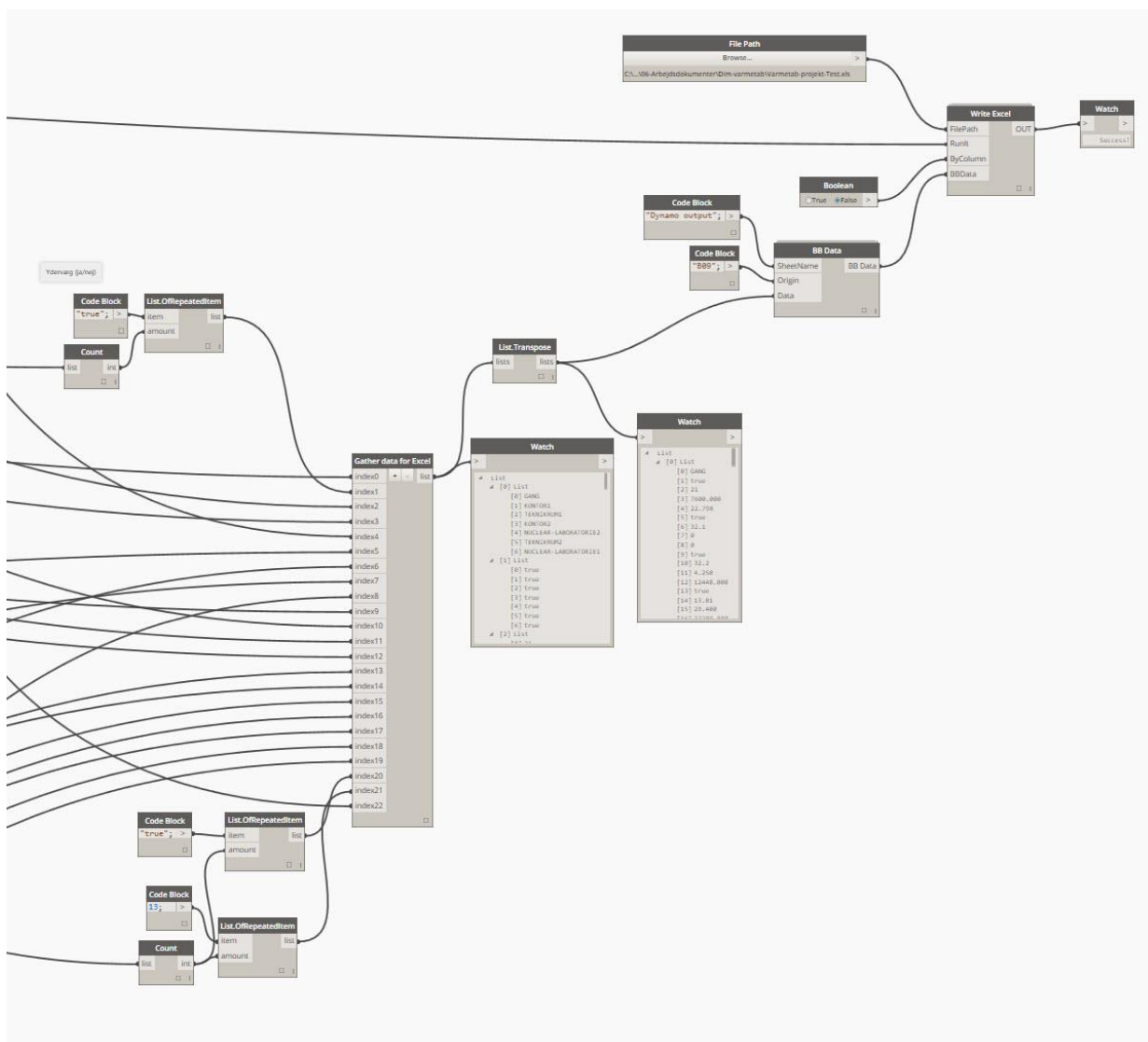
For gulve og tag elementer, udtrækkes data omkring arealer som en funktion af rummet. Ved **Figur 3.3-19** ses der en ensartet opbygning, hvor der udover arealet også trækkes værdier omkring en klassifikation.



Figur 3.3-19 Step#01 – data om gulve og tag, forberedes til udtræk

Ud fra de samlede udtræk af data fra Revit, klargøres disse for en lagring til Excel. For denne løsning optræder Excel som eksempel på en database, hvortil information omkring bygningsmodel, projekt og objekter forudsættes at være iboende.

Udtrækket klargøres som en samlet liste, der skrives til et valgt ark og celleområder i Excel. Et Excel ark, er på forhånd sat op, for at sikre det valgte ark-navn eksisterer. Herefter skrives udtræksværdierne til Excel som vist på **Figur 3.3-20**.

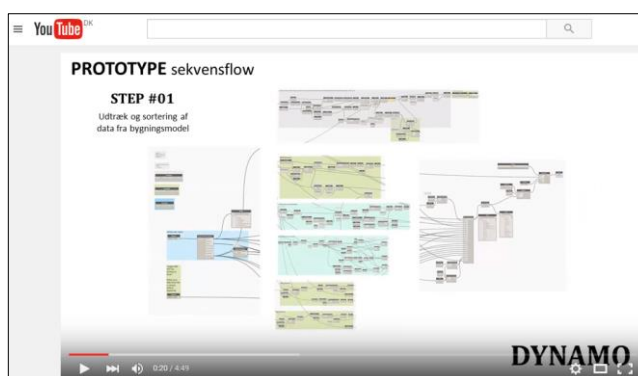


Figur 3.3-20 Step#01 - Data forberedes for lagring og udveksling med Excel

Video-sekvens

For løsningens Step #01, har forfatterne optaget en video-sekvens der formidler selve Dynamo scriptet, ved at udføre løsningen som i realtime. Der henvises til video:

<https://youtu.be/TD33QiumZi0>



Step #02 – Beregning med Excel

Efter gennemgang af løsningsens Step #01, er data udtrukket af Bygningsmodellen, behandlet med Dynamo og skrevet til Excel. Således ses det af **Figur 3.3-21** hvordan dataværdierne er skrevet til Excel.

Index	string	true/false	Ydervæg	INT	meter	kvm	true/false	Ydervæg	INT	meter	kvm
	GANG	TRUE	21	8300	30,5803403	TRUE					
	KONTOR1	TRUE	21	10550	74,6950165	TRUE					
	TEKNIKRUM1	TRUE	21	9000	65,6316973	TRUE					
	KONTOR2	TRUE	21	5050	65,2497818	TRUE					
	NUCLEAR-LABORATORIE2	TRUE	21	10200	42,9849254	TRUE					
	TEKNIKRUM2	TRUE	21	6700	31,0150016	TRUE					
	NUCLEAR-LABORATORIE1	TRUE	21	5300	47,8717912	TRUE					

Figur 3.3-21 Step#02 - data efter lagring i Excel

Data i Excel er nu klar til den videre bearbejdning, og behandles som grunddata for den dimensionerende varmetabsberegning, samt det senere objekt-design.

For en designmæssig oversigt, blev et ekstra ark udviklet i Excel, der opstiller data udtrækker på en mere overskuelig og rumopdelt måde. Dette illustreres ved **Figur 3.3-22**.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
KONTOR 1 Rum Nr 1 AA-M²																						
KONTOR 2 Rum Nr 2 AA-M²																						
TEKNIKRUM 1 Rum Nr 3 EE-M²																						
GANG Rum Nr 4 DD-M²																						
TEKNIKRUM 2 Rum Nr 5 FF-M²																						
NUCLEAR-LABORATORIE 1 Rum Nr 6 BB-M²																						
NUCLEAR-LABORATORIE 2 Rum Nr 6 CC-M²																						

Figur 3.3-22 Step#02 - Design oversigt af data i Excel

Behandling af data i Excel

Prototypens målsætning var at udføres en komplet automatiseret system for objekt-design. Herunder blev det afgrænset at udføre en dimensionerende varmetabsberegning. Gennem litteratursøgning, blev der fundet en skabelon¹¹ der opfyldte behovet for beregning. Den var tilstrækkelig enkelt at modificere så den passede på case-projektets bygning, og gav forfatterne sammen med vejledere et godt indblik i hvordan man beregner et dimensionerende varmetab. Herved udføres det for rapporten, selv om det ligger uden for rapportens afgræsning.

Beregningen er bygget sådan op at man tager højde for ventilationstabet, transmissionstabet, beregner u-værdierne på bygningsdelene, og til sidst beregner u-værdien på kritiske konstruktioner. Alt dette gøres ud fra forskellige tabelopslag.

Alle rum og bygningsdele er nummererede så de stemmer over ens med bygningsmodellen. Ventilationstabet er fiktivt, idet der ikke er modelleret et ventilations system, men det er nødvendig for beregningen, hvorfor de er repræsenterede i vores beregning.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
1	Beregning af U-værdi for sammensatte konstruktioner									0	
2											
3	Konstruktion 1 (ID 32.1)		Vinduer								
4											
5	Nr.	Konstruktionsdel	Areal	Længde	Antal	U, Ψ el. γ	U·A+ Ψ ·..				
6			m ²	m	stk.	W/K pr. m ² /m ² -	W/K				
7	A	Alm. vindue: Rude	1,67			0,800	1,34				
8	B	Alm. vindue: Rudens afstandsprofil		9,12		0,110	1,00				
9	C	Alm. vindue: Karm, ramme og sprosse	0,42			1,600	0,67				
10		$\Sigma A =$	2,09			Σ	3,01				
11						U =	1,44 W/m ² K				
12											
13	Konstruktion 2 (ID 32.2)		Dør								
14											
15	Nr.	Konstruktionsdel	Areal	Længde	Antal	U, Ψ el. γ	U·A+ Ψ ·..				
16			m ²	m	stk.	W/K pr. m ² /m ² -	W/K				
17	A	Alm. vindue: Rude	0,78			0,800	0,63				
18	B	Alm. vindue: Rudens afstandsprofil		3,59		0,110	0,39				
19	C	Alm. vindue: Karm, ramme og sprosse	0,39			0,098	0,04				
20	D	Døre: Karm, ramme og sprosse	0,97			1,300	1,26				
21		$\Sigma A =$	2,14			Σ	2,32				
22						U =	1,08 W/m ² K				
23											

Figur 3.3-23 Step#02 - Konstruktions transmissions værdier for beregning

Figur 3.3-23 viser nogle eksempler på beregninger af bygningsdele, som består af forskellige elementer, med hver deres u-værdi. Gennem beregningen fås den samlede u-værdi på bygningsdelen, som senere vil blive brugt i beregningen af transmissionstabet.

¹¹ <http://vidensystem.dk/download.asp?fileID=91>

Beregning af U-værdi for konstruktionsdele											
Konstruktionsdel 3 (ID 21)			Ydervæg								
			Homogene lag				Inhomogene lag			Luftspalter	
Lag	d	R	λ	λ_a	Andel (a)	λ_b	λ'	$\Delta U'$	ΔU_g	R	
	m	m ² /W	W/mK	W/mK	-	W/mK	W/mK	W/m ² K	W/m ² K	m ² /W	
Udvendig overgangsisolans		0,04								0,040	
Tegl (1900 kg/m ³)	0,110		0,790							0,139	
Rockwool Super A-batts	0,190		0,034					0,00		5,588	
Beton (2% armering)	0,120		2,640							0,045	
Indvendig overgangsisolans		0,13								0,130	
								$\Sigma R =$	5,943	m ² /W	
								U =	0,168	W/m ² K	
								Luftspalter	$\Delta U_g =$	0,000	
								Bindere	$\Delta U_f =$	0,000	
Resulterende endimensionel U-værdi for konstruktionsdel								U =	0,17	W/m ² K	
Konstruktionsdel 4 (ID 27)											
			Tagkonstruktion				Inhomogene lag			Luftspalter	
Lag	d	R	λ	λ_a	Andel (a)	λ_b	λ'	$\Delta U'$	ΔU_g	R	
	m	m ² /W	W/mK	W/mK	-	W/mK	W/mK	W/m ² K	W/m ² K	m ² /W	
Udvendig overgangsisolans		0,04								0,040	
Tagpap		0,00								0,000	
Rockwool Hardkile *	0,215	2,42	0,039					0,00		2,422	
Rockwool Hardkileunderlag	0,180		0,037					0,00		4,865	
Beton (2% armering)	0,220		2,640							0,083	
Nedhængt loft		0,00								0,000	
Indvendig overgangsisolans		0,10								0,100	
								$\Sigma R =$	7,510	m ² /W	
								U =	0,133	W/m ² K	
								Luftspalter	$\Delta U_g =$	0,000	
								Bindere	$\Delta U_f =$	0,000	
Resulterende endimensionel U-værdi for konstruktionsdel								U =	0,13	W/m ² K	

Figur 3.3-24 Step #02 - U-værdier for konstruktionsdele

For konstruktionsdelene som vist på **Figur 3.3-24** beregnes de forskellige linjetab, som der vises eksempler på. Disse anvendes også til at beregne transmissionstabet for bygningsdelen.

Beregning af transmissionstab										
Rum Nr. 1: Kontor 1			A= 27,775 m ²							
Nr.	Bygningsdel	U, ψ	A, L	Antal	θ_{int}	θ_{ext}	Φ			
		W/K pr. m ² /m	m ² /m	stk.	°C	°C	W			
3	Ydervæg	0,17	74,70	1	20	-12	402			
1	Vinduer	1,44	5,16	1	20	-12	237			
4	Tagkonstruktion	0,13	27,78	1	20	-12	118			
5	Terrændæk	0,10	27,78	1	20	-12	87			
6	Fundament	0,27	74,70	1	20	10	202			
							$\Sigma \Phi_{trans} =$	1047		
							Pr. m ²	37,63		
Rum Nr. 2: Kontor 2			A= 27,775 m ²							
Nr.	Bygningsdel	U, ψ	A, L	Antal	θ_{int}	θ_{ext}	Φ			
		W/K pr. m ² /m	m ² /m	stk.	°C	°C	W			
3	Ydervæg	0,17	65,25	1	20	-12	351			
1	Vinduer	1,44	2,58	1	20	-12	119			
4	Tagkonstruktion	0,13	27,78	1	20	-12	118			
5	Terrændæk	0,10	27,78	1	20	10	10			
6	Fundament	0,27	65,25	1	20	10	10			
							$\Sigma \Phi_{trans} =$			
							Pr. m ²			
Rum Nr. 3: Teknikrum 1			A= 19,25 m ²							
Nr.	Bygningsdel	U, ψ	A, L	Antal	θ_{int}	θ_{ext}	Φ			
		W/K pr. m ² /m	m ² /m	stk.	°C	°C	W			
3	Ydervæg	0,17	65,63	1	20	-12	351			
4	Tagkonstruktion	0,13	19,25	1	20	-12	118			
5	Terrændæk	0,10	19,25	1	20	10	10			
6	Fundament	0,27	19,25	1	20	10	10			
							$\Sigma \Phi_{trans} =$			
							Pr. m ²			

Figur 3.3-25 Step#02 – Transmissionstab som beregning

Som tidligere nævnt, er beregningen af ventilationstabet, som vist på **Figur 3.3-26** fiktivt, da der ikke er modelleret ventilation i projektet, men uden denne beregning vil man ikke kunne lave en retvisende dimensionerende varmetabsberegning.

Der er dog lavet et kvalificeret bud på luftskifte, volumenstrømme osv. Vigtig er det at pointere, at dette ligger uden for rapportens afgrænsning, og i en virkelig case, vil denne opgave blive håndteret af en kvalificeret ingeniør.

Transmissionstabet vist ved **Figur 3.3-25**, illustrerer hvordan bygningsdele og linjetab samles og beregner transmissionstabet. Dette danner grundlag for det dimensionerende varmetab.

Beregning af ventilationstab										
Rum Nr. 1: Kontor 1			A= 27,775 m ²				V= 69,4 m ³			
Luftskifte Volumenstrømme										
Mekanisk	Naturlig	Indblæsning	Udsugning	Exfiltration	θ_{int}	$\theta_{indblæsning}$	θ_{ude}	Φ		
hr ⁻¹	hr ⁻¹	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	°C	°C	°C	W		
0	0,08	0,0000	0,0000	0,0015	20		-12	60		
Rum Nr. 2: Kontor 2										
			A= 27,775 m ²				V= 69,4 m ³			
Luftskifte Volumenstrømme										
Mekanisk	Naturlig	Indblæsning	Udsugning	Exfiltration	θ_{int}	$\theta_{indblæsning}$	θ_{ude}	Φ		
hr ⁻¹	hr ⁻¹	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	°C	°C	°C	W		
0	0,08	0,0000	0,0000	0,0015	20		-12	60		
Rum Nr. 3: Teknikrum 1										
			A= 19,25 m ²				V= 48,1 m ³			
Luftskifte Volumenstrømme										
Mekanisk	Naturlig	Indblæsning	Udsugning	Exfiltration	θ_{int}	$\theta_{indblæsning}$	θ_{ude}	Φ		
hr ⁻¹	hr ⁻¹	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	°C	°C	°C	W		
0	0,08	0,0000	0,0000	0,0011	20		-12	42		
Rum Nr. 4: Gang										
			A= 39,2 m ²				V= 98,0 m ³			
Luftskifte Volumenstrømme										
Mekanisk	Naturlig	Indblæsning	Udsugning	Exfiltration	θ_{int}	$\theta_{indblæsning}$	θ_{ude}	Φ		
hr ⁻¹	hr ⁻¹	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	°C	°C	°C	W		
0,5	0,08	0,0000	0,0136	0,0022	20		-12	613		
Rum Nr. 5: Teknikrum 2										
			A= 10,32 m ²				V= 25,8 m ³			
Luftskifte Volumenstrømme										
Mekanisk	Naturlig	Indblæsning	Udsugning	Exfiltration	θ_{int}	$\theta_{indblæsning}$	θ_{ude}	Φ		
hr ⁻¹	hr ⁻¹	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	°C	°C	°C	W		
0,5	0,08	0,0000	0,0036	0,0006	20		-12	161		

Figur 3.3-26 Step#02 - Ventilationstab som beregning

	A	B	C	D	E	F
1	Beregning af Dim. Varmetab, på Rum					
2	Rum nummer	Rum navn				
3	2	KONTOR1		A=	27,775 m ²	
4				V=	69,4 m ³	
5						
6	Φ_{trans}	Φ_{vent}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	
7	W	W	W	W/m ²	W/m ³	
8	1047	60	1107	39,8	15,9	
9						
10	4	KONTOR2		A=	27,775 m ²	
11				V=	69,4 m ³	
12						
13	Φ_{trans}	Φ_{vent}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	
14	W	W	W	W/m ²	W/m ³	
15	792	60	852	30,7	12,3	
16						
17	3	TEKNIKUM1		A=	19,25 m ²	
18				V=	48,1 m ³	
19						
20	Φ_{trans}	Φ_{vent}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	
21	W	W	W	W/m ²	W/m ³	
22	529	42	571	29,6	11,9	
23						
24	1	GANG		A=	39,2 m ²	
25				V=	98,0 m ³	
26						
27	Φ_{trans}	Φ_{vent}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	
28	W	W	W	W/m ²	W/m ³	
29	600	613	1213	30,9	12,4	
30						
31	6	TEKNIKUM2		A=	10,32 m ²	
32				V=	25,8 m ³	
33						
34	Φ_{trans}	Φ_{vent}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	
35	W	W	W	W/m ²	W/m ³	
36	389	161	550	53,3	21,3	
37						
38	7	NUCLEAR-LABORATORIE1		A=	22,79 m ²	
39				V=	57,0 m ³	
40						
41	Φ_{trans}	Φ_{vent}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	
42	W	W	W	W/m ²	W/m ³	
43	625	356	982	43,1	17,2	
44						
45	5	NUCLEAR-LABORATORIE2		A=	25,37 m ²	
46				V=	63,4 m ³	
47						
48	Φ_{trans}	Φ_{vent}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	Φ_{dim}	
49	W	W	W	W/m ²	W/m ³	
50	804	216	1020	40,2	16,1	

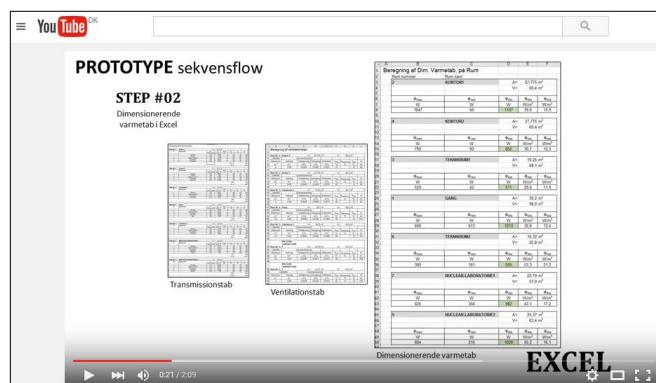
Figur 3.3-27 Step#02 - Beregning af det dimensionerende varmeab pr. rum

Alle de førnævnte beregninger leder nu op til det endelige dimensionerede varmetab, som i rapportens sammenhæng skal bruges til at beregne størrelsen og effekten på radiatorerne. Det er essensen af beregningen og felterne markeret med grønt anvendes som det beregnede rumbehov i watt.

Video-sekvens

For løsningens Step #02, har forfatterne optaget en video-sekvens der formidler selve Dynamo scriptet, ved at udføre løsningen som i realtime. Der henvises til video:

<https://youtu.be/vckLuMzqJms>



Mellemtrin i Excel (underliggende proces)

Mens Dynamo er aktiv, og har skrevet værdier til Excel, optræder disse for markeringen med rød firkant, på **Figur 3.3-30**. Excel arket er herefter sat op til automatisk at lokalisere det bedste radiator match, vist ved lilla firkant.

Dynamo output (aut.)		Beregnet værdi (aut.)		Valg af radiator	
Room-Name	count	Behov pr. rum	Behov pr. radiator	Auto selektion	overhead
GANG	2	1213	606,5606826	648	41,43931738
KONTOR1	3	1107	368,9330487	432	63,06695133
KONTOR2	2	852	425,8581919	432	6,141808058
NUCLEAR-LABORATORIE2	2	1020	510,088103	540	29,91189691
NUCLEAR-LABORATORIE1	2	982	490,797703	540	49,2022966

Figur 3.3-30 Step#02 - Automatiseret valg af radiator tilpasset behovet pr. rum

Valget af radiator effekt, gøres af Excel ud fra følgende formel:

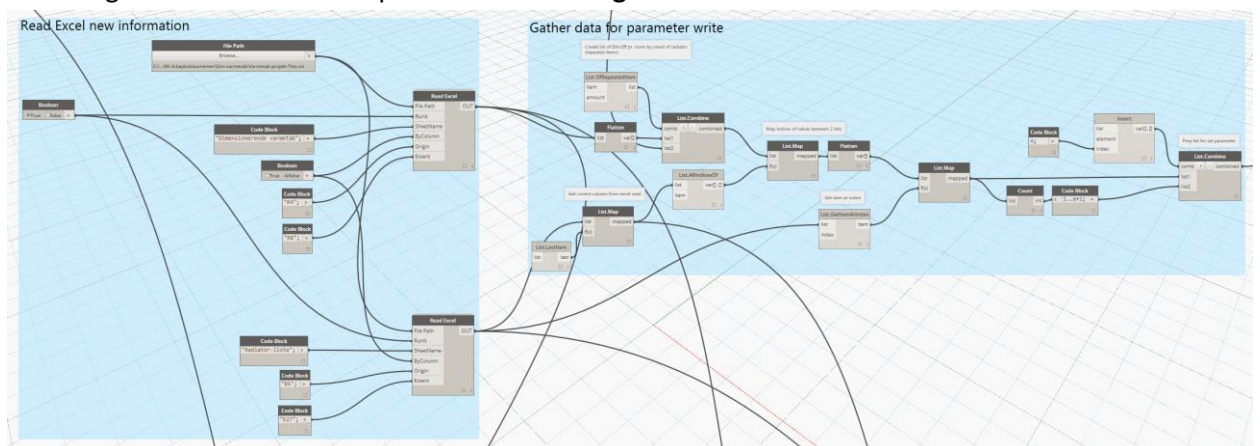
```
Font Alignment
=LARGE(Power;COUNTIF(Power;">"&Q4))
```

I formlen ses en funktionsliste: "Power" – der dækker over et defineret navn i Excel, fra et ark med en liste af generiske radiatorer, jf. **Figur 3.3-31**. Herfra er 'power' defineret som kolonnen E5:E27.

Radiator liste				
Type	Length	Height	Power	Anvendt
##			0	0
Type1	300	455	324	0
Type2	400	455	432	2
Type3	500	455	540	2
Type4	600	455	648	1
Type5	700	455	756	0
Type6	800	455	864	0
Type7	900	455	972	0
Type8	1000	455	1080	0
Type9	1100	455	1188	0
Type10	1200	455	1296	0
Type11	1300	455	1404	0
Type12	1400	455	1512	0
Type13	1500	455	1620	0
Type14	1600	455	1728	0
Type15	1700	455	1836	0
Type16	1800	455	1943	0
Type17	1900	455	2051	0
Type18	2000	455	2159	0
Type19	2100	455	2267	0
Type20	2200	455	2375	0
Type21	2300	455	2483	0
Type22	2400	455	2591	0
Type23	2500	455	2699	0

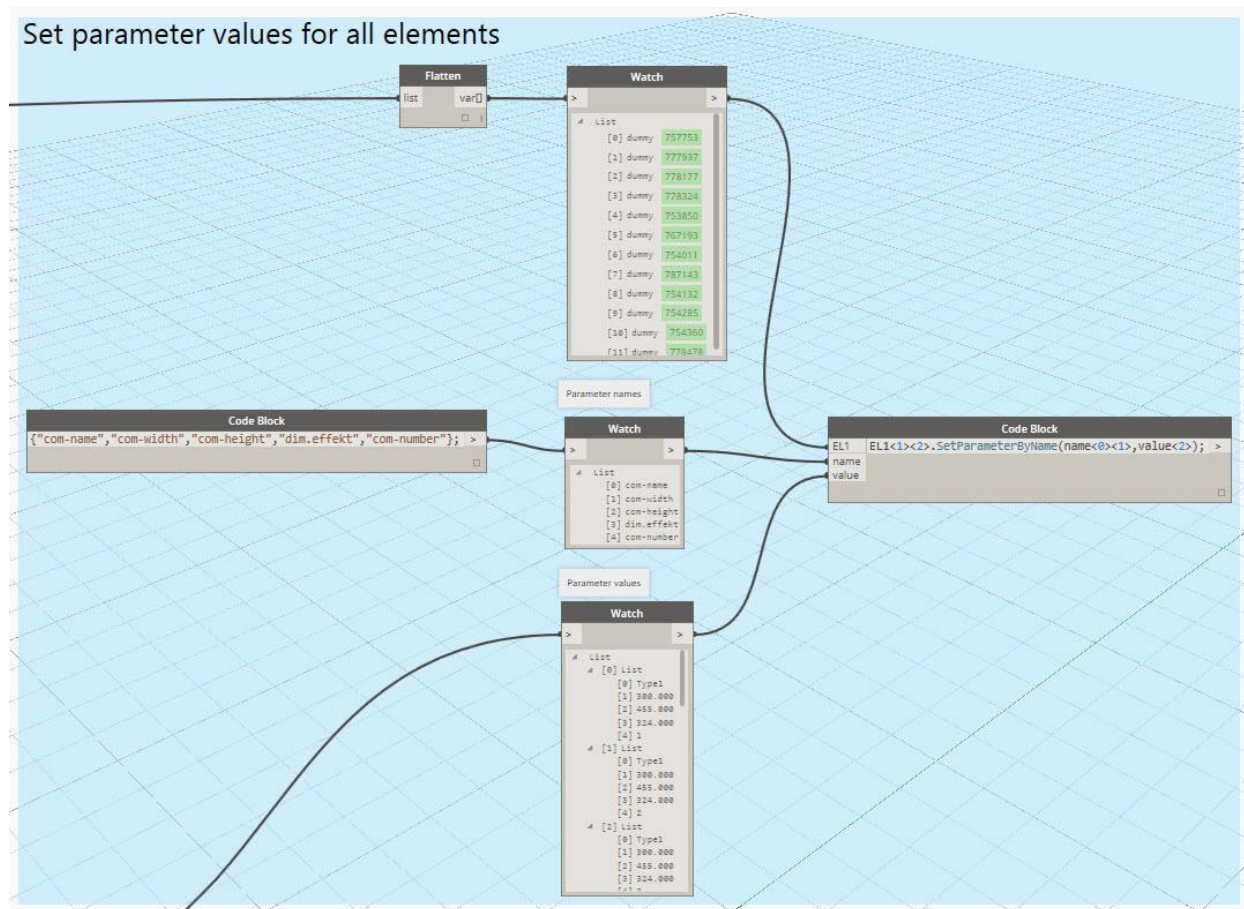
Figur 3.3-31 Step#02 - Radiatorliste i Excel

Herefter læser Dynamo igen Excel arket for de beregnede dataværdier og sammenholder det med den tidligere liste af radiatorer pr. rum som vist i **Figur 3.3-32**.



Figur 3.3-32 Step#03 – Der læses beregnede værdier fra Excel, for anvendelse til objekt-design

Ud fra disse værdier, dannes nu en ny mængde af lister, for push til bygningsmodellen. I koden, vist på **Figur 3.3-33** ses det hvordan alle radiator elementerne, bliver tilskrevet parameter værdier ud fra de anførte parameter navne.



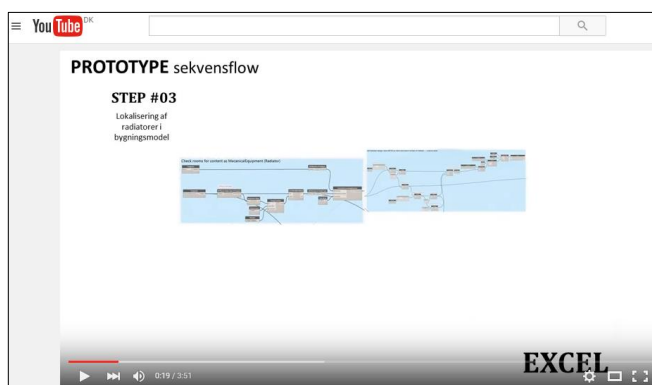
Figur 3.3-33 Step#03 – Objektdesignet udføres ved at skrive nye værdier til bygningsobjekter i bygningsmodellen

Således er der med løsningen udført en objektdesign, der relaterer sig til en dimensionerende varmetabsberegning.

Video-sekvens

For løsningens Step #03, har forfatterne optaget en video-sekvens der formidler selve Dynamo scriptet, ved at udføre løsningen som i realtime. Der henvises til video:

<https://youtu.be/rTi9ZGApKVk>



Refleksion over den udviklede prototype

Det beskrives hvordan der er udviklet en prototype, der fra bygningsmodellen udfører et udtræk af data. Udtrækket sker ud fra den gennemarbejdede konceptuelle model og forudsætninger for løsningen. Data fra bygningsmodellen bliver behandlet i Excel, som led i en udførelse af en dimensionerende varmetabsberegning. Herefter sorteres data og skubbes tilbage til Revit med opdateret egenskabsværdier. Samlet set beskrives det af UED hvordan de samlede sekvenser ser ud og hvilket software der anvendes undervejs. Således er det overordnede miljø for løsningen også beskrevet.

Undervejs i prototypens udvikling er der sket en del tilretning. Som med al kode, skal den bearbejdes undervejs og mindre test udføres før de kan skrives ind i den samlede kode. Der ligger adskillige iterationer/versioner af prototypen til grund for den endelige version. Rapportens forfattere har gennem udviklingen tilegnet sig større viden omkring programmering og udvikling af kode. De antog det som en enkel opgave, da den visuelle programmeringsdel så indbydende og let ud. Men det har vist sig alligevel at være ret tidskrævende og kompliceret.

Selve prototypen er udviklet over en periode på ca. 3 uger, hvilket direkte afspejler enkeltheden af Dynamo i forhold til traditionel API udvikling. Fra kun at have arbejdet med Dynamo på begynder niveau, til at udvikle en færdig og funktionel prototype på så kort tid, viser at mange tekniske interesserede i branchen kan gøre det samme. Hertil findes det relevant at omtale muligheder for en implementering.

3.4 IMPLEMENTERINGSSTRATEGI

At tale om en implementering anses relevant selvom den udviklede løsning er en prototype. Fordi at løsningen vil kunne udvikles til et færdigt system, og en implementeringsstrategi derfor kan betyde meget for en virksomhed. Rapporten omhandler tilmed ny teknologi og ved en potentiel implementering i virksomheder, kræver det nye færdigheder fra medarbejdere.

Der er overordnet to tilgange til en implementering, en teknisk og en organisatorisk. Den tekniske tilgang handler om krav og tekniske specifikationer; Hvorimod den organisatoriske tilgang omhandler ændringer i virksomhedens struktur gennem virkemidler som regler, værdier og normer. Hvad angår implementeringen af den udviklede løsning, vil der være tale om en teknisk implementering, hvor fokusområdet vil være tilføjelsen af en ny teknologi til en allerede eksisterende arbejdsgang. Da undersøgelsen ikke er udført på en faktisk case, men er konstrueret, vil denne implementeringsstrategi være en overordnet guide til hvordan en potentiel virksomhed vil kunne implementere en ny teknologi, ud fra et stærkt teoretisk grundlag (WALSHAM & SAHAY 1999).

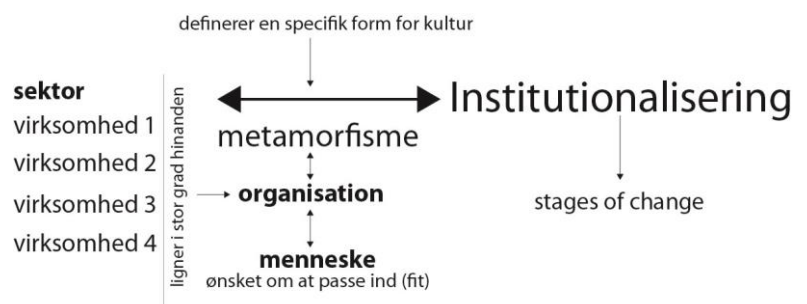
Overordnet når man taler om implementering, skal man undersøge om man laver er et single eller dobbelt loop (ARGYRIS 2002). Det betyder at man enten kun ændrer på en ting, fx teknologien eller flere ting eksempelvis, teknologi og arbejdsgange. Der er tale om et single loop i rapportens tilfælde, hvor teknologien tilpasses omgivelserne, som et supplerende værktøj til en eksisterende arbejdsproces. I forhold til at ændre arbejdsgange, bliver de måske som nye – men de erstatter blot tidligere manuelle processer.

3.4.1 INSTITUTIONEL THEORY

Institutionel Teori er en teori, der beskriver hvordan virksomheder og grupper af virksomheder agerer i forhold til hinanden og en teknologisk anvendelse. Dette betyder i rapportens sammenhæng, at den nye teknologi integreres i en eksisterende arbejdsgang, således dette skaber et mulighed for at udføre eksisterende processer på en nye måde.

(GREENWOOD ET AL. 2002) betegner denne indførelse af ny teknologi, som en **ny** institutionel standard, og argumenterer for at institutionel teori i sin enkelthed handler om mennesker. Hvis man er tilpasset organisationens arbejdsmiljø og -metoder, er der også en bedre chance for at forblive i den og føle sig socialt accepteret.

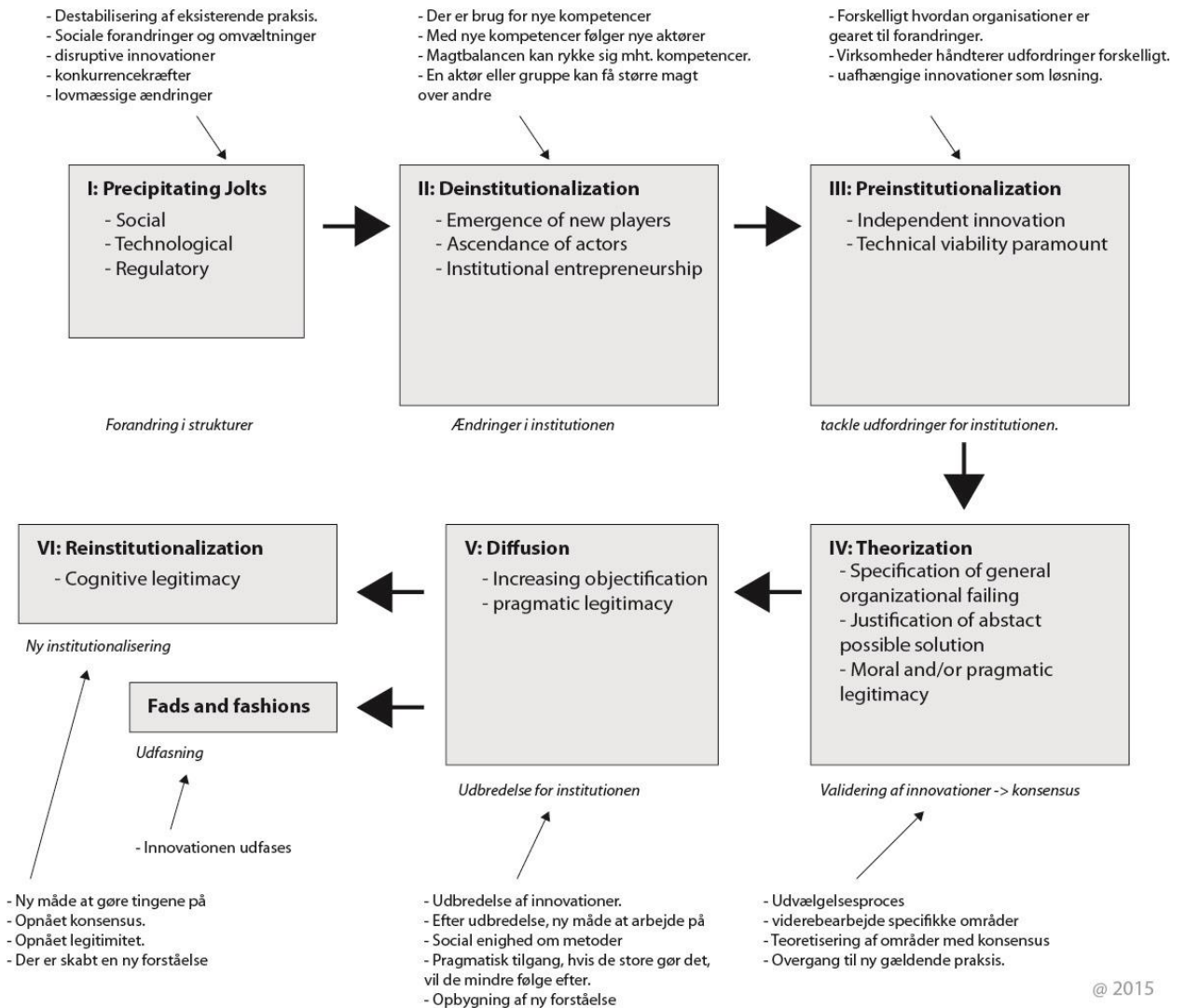
Virksomheder søger ofte nye og bedre måder at gøre tingene på, således at de muligvis opnår en konkurrencemæssig fordel. De nye tiltag består som oftest af nye metodiske tilgange, der enten erstatter eller supporterer eksisterende processer. Grundlaget for anvendelsen af Institutionel teori i modsætning til eksempelvis Structuration Theory (ORLIKOWSKI 1992) er, at i den institutionelle teori arbejdes der med institutioner. Der forsøges at indarbejde nye processer, der skal accepteres af medarbejderne som den nye standard. Det handler derfor om at påvirke institutionen og ikke det enkelte individ eller en enkelt struktur. Nedenstående **Figur 3.4-1**, viser hvordan konceptet om institutionel teori opfattes af forfatterne.



Figur 3.4-1 Institutionel teori illustreret som koncept

(GREENWOOD ET AL. 2002) har udarbejdet en model med 6 faser, der beskriver de institutionelle forandringer fra *Precipitation Jolts* til *Reinstitutionalization*.

Nedenstående **Figur 3.4-2** er udarbejdet af forfatterne for at tolke de 6 faser. Efterfølgende vil faserne blive suppleret med relevant teori, hvilket samlet set ses som et mulig fremtidig implementering. Figuren vedrører de efterfølgende beskrivelser af faserne.



@ 2015

Figur 3.4-2 6 faser for institutionalisering, frit efter greenwood

I Precipitation Jolts

Det er en fase som alle virksomheder befinder sig i, nogen dog mere end andre. Man ser sig hele tiden sig omkring efter nye måder man eksempelvis kan spare penge på, om der opstår nye kundebehov, eller om den verden man operer i er i forandring. Når man så ser en ændring i markedet der er fristende, undersøger man den dybere, og overgår til næste fase.

II Deinstitutionalization

Forandringen gennem implementering af prototypen, består af ny teknologi. Det er her væsentligt at se på hvilke drivkræfter, der legitimerer en mulig fremtidig implementering, samt hvilke konsekvenser, der kan opstå.

Denne fase er hvor man finder ud af, hvor åben man er overfor en forandring. Da der ikke ses en konkret virksomhed som case, er det svært at være konkret. Her vil det være oplagt også at se på de 5 forandringsdimensioner fra (HILDEBRANDT & BRANDI 2005):

1) Forandringsdrivkræfter

Interne drivkræfter, kan være ledelsen eller personalet der syntes at den eksisterende arbejdsmetodik skal ændres.

Eksterne drivkræfter, kan være kunderne der ændrer fokus og mønstre, eller efterspørger nye metoder eller processer.

2) Forandringspres

Intern pres, er hvor virksomheden eksempelvis rammer en barriere og er nødt til at skifte retning.

Ekstern pres, kan være en konkurrerende virksomhed der eksempelvis arbejder bedre, hurtigere og billigere.

3) Forandringsintensitet

For prototypen, vil en potentiel virksomheds forandringsintensitet være meget forskellig. Nogle virksomheder vil udforske teknologien, og langsomt lave en implementering alt efter resultatet af deres udforskning. Mens andre virksomheder derimod ser konkurrencefordele, og dermed potentielle markedsandele. Disse faktorer vil øge intensiteten.

4) Forandringsdybde

Ved forandringsdybde menes der hvad der påvirkes af det nye system. Dette kan være organisationsstrukturer, flytning af kontorer/personale, ny-ansættelser osv. Disse mere formelle aspekter vil være håndgribelige faktorer at behandle.

5) Forandringskompleksitet

Ved forandringskompleksiteten er det nødvendigt at zoome helt ud og betragte samtlige delsystemer som påvirkes af det nye system. Ved delsystemer skal der forstås organisatoriske led i virksomheden, eksterne aktører, eksisterende IT-system osv. Det gælder om at kunne belyse samtlige elementer som vil blive påvirket af den nye implementering.

III Preinstitutionalization

Der tages for fasen udgangspunkt i den eksisterende opsætning samt hvilke ændringer, der skal indgå for at et nyt system kan implementeres. Samlet set giver dette et godt overblik over hvilke påvirkninger implementeringen kan have.

I denne fase, har man fundet ud af, at der skal ske en forandring i virksomheden, og den skal nu gøres kvantificerbar. Et godt værktøj til dette kunne være et *Benefit Dependency Network* (BDN), som synliggør hvilke fordele der kan opnås ved en implementering, og samtidig også hvilket impact det rent organisatorisk og IT-mæssigt vil have. En sådan analyse kan bruge til at overbevise modstanderne af implementeringen om at skifte holdning.

IV Theorization

Theorization er den efterfølgende fase, hvor teknologien konkretiseres og retfærdiggøres inden man beslutter sig for den endelige implementering.

Her vil de væsentlige punkter fra Preinstitutionalization blive omsat til en business case, der tager højde for de totaløkonomiske aspekter. Dette giver samtidig muligheden for at opsætte en række KPI'er (key performance indicators), som måler de kortsigtede og langsigtede gevinster. Det kan omfatte alt fra indkøb af teknologi til hvor mange timer der skal påregnes for oplæring og uddannelse. Hvis KPI'erne, fra business casen ender ud med et positivt resultat, er incitamentet for at fortsætte videre til *diffusion* fasen opfyldt.

En måde at man kan opstille og systematisere KPI'erne på, er ved anvendelsen af et *Balanced Scorecard* (BSC) (KAPLAN & NORTON 1992). BSC tager højde for organisationens strategiske og operationelle niveauer, finansielle udgifter/indtægter, kundeperspektivet, interne processer samt hvorledes oplæring og vækst udarter sig gennem tid. Derved sikres det, at hele organisationen vurderes i en større sammenhæng så alle aspekter bliver taget i betragtning, i den rigtige kontekst.

V Diffusion

Diffusionsfasen er den fysiske implementering af projektet. Man kan sige at business casen bliver ført ud i livet og der udarbejdes prototyper, brugerinvolvering, test, undersøgelse af forhold samt en evaluering. Først og fremmest er det væsentligt at få skabt en fælles konsensus omkring nødvendigheden af forandringer for alle medarbejdere. Hvis blot én ser dette som en negativt påvirkning, vil projektet delvist kunne fejle i de processer som vedkommende påvirker.

Derfor er det nødvendigt at oprette en taktisk tilgang til implementeringen med arbejdsgrupper. Der skal sammensættes et stærkt projektteam, som indledningsvis kan drive forandringen. Til at sammensætte projektteamet, anvendes den teoretiske tilgang som (PRIES-HEJE 2003) beskriver.

Teorien beskriver hvordan de forskellige personer som udvælges til at påtage sig en væsentlig rolle i selve implementeringen kan se ud:

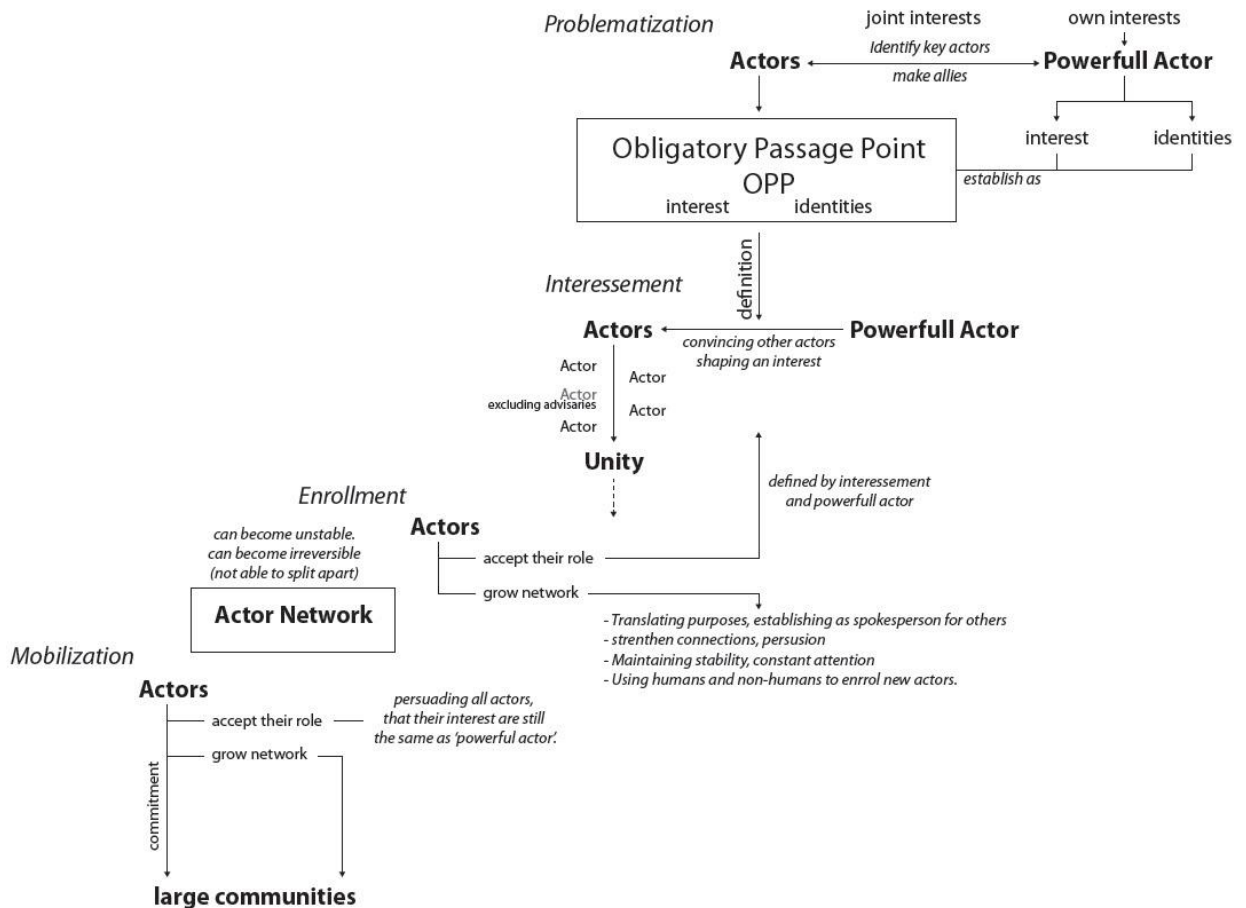
- **Owner**, er den person der har det overordnede ansvar, og besidder dermed også beslutningen om projektet skal fortsætte eller ej.
- **Diffusions Project Manager**, er den enhed som har overblikket over implementeringen og de personer der er inddraget.
- **Champions**, er de respekterede personer fra den berørte målgruppe, som skal sikre at der er konsensus og motivere de enkelte medarbejdere.
- **Målgruppen**, champions er væsentlige i forhold til implementering, da de skal promovere og formidle nødvendigheden af forandringen. Champions vil have en direkte indflydelse på modtagergruppen og dennes adfærd og det er derfor også vigtigt, at de har en høj social status, så de udfører rollen som *'Follow the Leader'* iht. Institutionel teori. Ved at have udpeget de 'rigtige' champions forbedres chancerne for at opnå en tilfredsstillende diffusionsfase. Desuden kan det være en fordel at udpege en champion tidligt i implementeringsprojektet således de opnår en god forståelse for det konkrete projekt.

En af de væsentligste ting som de udvalgte champions skal formidle, og selv forstå er et *'sense of urgency'* (ofte også kaldt den brændende platform) (KOTTER 2007). Kotter teoretiserer hvordan der findes tiltag, der skal til for at opnå en succesfuld implementering i en organisation, samt nødvendigheden for en klargøring i forbindelse med denne ændring.

Næste skridt i diffusionsfasen er hvordan champions bedst kan påvirke slutbrugerne. Dette kan gøres ud fra Actor Network Theory (ANT), som tager udgangspunkt i hvorledes mennesker og teknologier arbejder i en større sammenhæng. Ligeledes hvordan man indarbejder en ny spiller, i en eksisterende gruppe. Derfor skildrer ANT ikke mellem mennesker og maskiner, men ser dem som ligeværdige i den samlede proces.

Actor Network Theory (ANT)

ANT er en metode hvor der ses på sammenhængen mellem de forskellige aktører, frem for individet selv. Her skelnes der ikke mellem i hvilket omfang aktørerne er mennesker eller teknologiske artefakter. Det er derfor forandringen i netværket, der udgør hovedessensen i ANT. Netværket udgør en homogen gruppe af aktører og teknologiske artefakter, som udarbejder et konkret stykke arbejde. (WALSHAM & SAHAY 1999) har arbejdet videre med en opdeling af teorien, hvor der arbejdes med fire faser. Faserne beskrives og behandles efterfølgende i forhold til implementeringen. For at skabe en bedre forståelse er nedenstående **Figur 3.4-3** fremstillet.



Figur 3.4-3 ANT teorien, frit illustreret

Problematization er fasen hvor der ønskes at kunne identificere de aktører, der betragtes som afgørende for at opnå et ønsket resultat. Dette vil derfor afgøre i hvilket omfang implementeringen bliver en succes. I denne fase er det vigtigt at alle kan se en 'sense of urgency' for at udføre implementeringen.

Interessement tager udgangspunkt i den foregående fase og det er her vigtigt at der sker en fælles skabelse af interesse for forandringen. Derfor vil de udvalgte champions have til opgave at overbevise de aktører, som tvivler og måske føler sig udsat i forandringsprocessen. Dette er der taget højde for, eftersom der er tale om en supporterende funktion, som derfor ikke erstatter nogle aktører, hvert fald ikke menneskelige.

Enrollment er selve implementeringen. Her vil champions igen spille en væsentlig rolle, specielt i forhold til håndtering af problemer og modstand fra aktører, som ikke oplever gevinster ved systemopsætningen. Det handler om at opleve succes, og gerne på kort sigt. Derfor bør man afprøve systemopsætningen på mindre projekter, og med tiden på større og mere komplekse. Succes afhænger primært af det udførte arbejde i *problematization* og *interessement*, og at man i den forbindelse har fået udpeget de rigtige aktører til at formidle og styre implementeringen. Det er i denne fase hvor alle interesserne skal ensrettes på tværs af alle aktanterne for at kunne skabe et fungerende aktør netværk – en synergi mellem mennesker og maskiner.

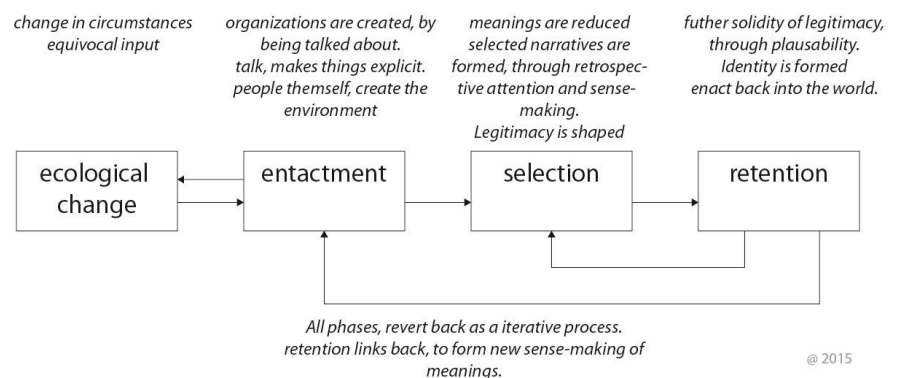
Mobilization handler om at gøre den nye teknologi til en fast del af organisationen, på tværs af afdelingerne, også i forhold til eksterne samarbejdspartnere. Med tiden når systemopsætningen afprøves på større og mere komplekse projekter, vil der opleves en fuld implementering, hvorfor den nye teknologi vil fungere som en fast aktant i netværket.

VI Reinstitutionalization

Som led i den sidste del af Institutionel teori er der opstået en forståelse og erkendelse blandt aktørerne, som berøres af den nye teknologi. Hertil ses det naturligt at kigge på sense-making (ORLIKOWSKI & GASH 1994) som er en vigtig faktor i forhold til kommunikation og opfattelsen af de teknologiske rammer.

Sense-making arbejder med den implicite opfattelse af miljøet. Derfor vil sense-making i forhold til teknologien være vigtig for at opnå en fælles forståelse og accept. Ved Reinstitutionalization er målet at opnå en ny og forbedret institutionel standard.

Nedenstående **Figur 3.4-4** illustrerer hvordan man gennem sense-making faserne opnår en ny samlet forståelse.



Figur 3.4-4 Faser ved Sense-making, frit efter

I forhold til de i rapporten anvendte beskrivelser af narrativer og personas, vil disse også være særdeles anvendelige i forhold til sense-making. Som værktøjer kan de hjælpe med at skabe et visuelt billede af persongrupper og systemer, således implementeringen får størst forudsætning for lykkedes.

KAPITEL 4

4 KONKLUSION & PERSPEKTIVERING

I indeværende kapitel forholder rapportens forfattere sig til den endelige problemformulering som hovedspørgsmål og en samlet besvarelse udgør konklusionen. Herefter udføres der en perspektivering omkring den udviklede prototype.

Afsnittet konklusionen har til formål at synliggøre forfatterens refleksion over besvarelsen af rapportens endelige problemformulering. Der konkluderes for den udviklede prototype hvorvidt den løser det analyserede problem.

Efterfølgende perspektiveres det hvordan anvendelsen af Dynamo og nye teknologier har en påvirkning af byggebranchen. Der tages udgangspunkt i den udviklede prototype og løsningsforslag, og hvordan denne direkte kan virke som en argumentation overfor virksomheder.

4.1 KONKLUSION

Allerede ved projektets opstart blev en interesse vakt hos rapportens forfattere ved arbejdet med Dynamo. Interessen var stor blandt andet fordi det lå i udsigten at Dynamo kunne løse mange af de problemer som virksomheder oplever ved arbejdet med Revit. En utilstrækkelighed der har betydning for arbejdsprocesser, tidsforbrug og derved også økonomi for en tegnestue. Det var indledningsvis tanken at undersøge hvordan Dynamo kunne spare virksomheder for en række arbejdsgange og på denne måde effektivisere deres projektering.

Gennem projektets indledende faser og dialoger med flere institutioner og virksomheder stod det klart, at der fandtes flere potentialer ved Dynamo. Derved skabtes en bro mellem effektivisering og optimering af workflows, til udvikling af en komplet løsning for en konkret udfordring. Det var ikke tanken fra starten at Dynamo kunne være en komplet løsning, men gennem behandlingen fandtes det at Dynamo både kan være et bindeled mellem applikationer, samt en løsning for konkrete operationer.

Dynamo egner sig bestemt til at løse mange af de problemer der opleves med Revit. Gennem analysen beskrives der flere eksempler på løsninger af virksomheders oplevede problematikker. Der udarbejdes af rapportens forfattere en indledende proof-of-concept model, hvor Dynamo anvendes til at generere en række Views (floor- og ceiling plans), samt Sheets i Revit. På denne måde udføres en direkte løsning af et oplevet problem med Dynamo som besvarer problemformuleringens første del. På samme tid løses rent faktisk også del to, da der direkte er udviklet et forbedret workflow af eksisterende processer. Traditionelt har det være en manuel tidskrævende handling at gøre en Revit template projektspecifik og klar til projektet. Med den udviklede løsning udføres en automatiseret proces, hvor indstillinger sættes for udfaldskrav og handlingen gennemføres. Derved sikres både en kvalitetsmæssig forbedring, samt en tids- og dermed også økonomiske besparelse.

Med denne argumentation for Dynamo som et løsningsværktøj, stiller rapportens endelige problemformulering fokus på en konkret udfordring for et ønske om et systemdesign:

"Hvordan kan der med Dynamo udføres et automatiseret workflow med varmetabsberegning og design af bygningsobjekter?"

For at besvare problemformuleringen starter bearbejdningen med at se på de forudsætninger der findes for en løsning med Dynamo. Først ligger der naturligvis en beregning til grund for et dimensionerende varmetab. Det ligger udenfor forfatterens videngrundlag at udføre en sådan eksakt beregning, hvorfor der arbejdes med en tilpasset beregningsmodel i Excel. For denne model er selve udtrækket af data fra bygningsmodellen særdeles vigtigt. Der arbejdes med Dynamo hvor data udtrækkes på rumniveau.

Det undersøges hvilke bygningsdele der grænser op til rummet og arealer samt længder af disse trækkes ud, svarende til det nødvendige input for beregningen. Det konkluderes at Dynamo indeholder noder der muliggør dette udtræk, men udviklingen af scriptet var ret kompliceret. Det er ikke direkte muligt med Dynamo at udføre en loop funktion, hvor en række data trækkes ud og behandles en af gangen. Med løsningen demonstreres dog, at det er muligt ved en række af operationer alligevel at udføre denne handling.

Samlet set udgør ovenstående beskrivelse af den udviklede løsning også svar på den anden del af problemformuleringen. Med løsningen skabes der direkte et forbedret workflow. Argumentationen for forbedringen findes ved at der arbejdes med parametriske modeller, og bygningsobjekter. Ved at arbejde med bygningsobjekter trækkes data ud, der direkte har relation til et objekt. Denne information behandles gennem løsningen, for derefter at kunne trækkes tilbage til det givne objekt. Herved skabes en konsistens for bygningsmodellen og de lagrede informationer. Et automatiseret workflow sker, ved at Dynamo som værktøj udtrækker og behandler data for brugeren af systemet. Det er ikke krævet at brugeren udfører manuelle handlinger udover at starte prototypens sekvenser. Derved elimineres tidligere manuelle opmålinger af bygningsdele fra tegningsmateriale, og en automatiseret proces er skabt.

Det konkluderes samlet set, at den udviklede prototype besvarer problemformuleringen ved at demonstrere hvorledes der kan trækkes data ud for anvendelse til et dimensionerende varmetab.

I forbindelse med dataindsamlingen for rapporten og definering af problem, blev der talt med flere virksomheder. I forhold til denne dialog, konkluderes det at prototypen opfylder de ønsker der blev fremsat. Især fra virksomheden MOE A/S, blev der forespurgt en løsning de kunne anvende som udgangspunkt for en viderebearbejdning af en brugbar løsning. Dette opfylder den færdige prototype.

I forhold til implementering dels af prototypen men også af løsninger med Dynamo som helhed, beskrives det hvilke områder der bør fokuseres på. Det er ikke enkelt blot at introducere ny teknologi for brugere af et system. Der bør sættes ind ved at skabe en forståelse for disse, ved anvendelsen af systemet. Her findes det essentielt at undersøge brugernes forforståelse for teknologien og sikre sig, at man arbejder indenfor den samme teknologiske ramme. Herved sikres det at en implementeringen sker bedst muligt, og brugerne skaber en forståelse for løsningen. Lykkedes det at skabe interesse hos enkelte brugere, kan disse fremmes som superbrugere eller champions af løsningen, for derved at give virksomheden en ambassadør der kan videreformidle sit drive til andre brugere.

4.2 PERSPEKTIVERING

I dette afsnit vil rapportens resultat blive perspektiveret ud i en større sammenhæng. Indledningsvis perspektiveres det i forhold til et dimensionerende varmetab og dernæst i forhold til et eksempel på at et lignende system vil kunne bruges af en konstruktionsingeniør. Rapportens løsning kan på et konceptuel niveau bruges generisk i de sammenhænge, hvor der ikke implicit er en direkte relation mellem beregning og geometri. Efterfølgende perspektiveres det hvordan virksomheder med fordel kan adoptere disse agile teknologier, og potentielt vinde konkurrencefordele. Det sidste afsnit i perspektiveringen handler om det store fremtidsbillede, hvor der afsøges en tanke om uanede mængder af struktureret data, der giver anledning til at tænke på koncepter som 'data mining' og 'datawarehouse'.

Rapportens løsning er meget skalérbar. Eksempelsvis hvis man ser på det dimensionerende varmetab, er der flere aspekter som kunne udvikles, så man fik et mere komplet system. For et område som ventilation, vil det fungere på samme måde som for radiatoren, hvor man modellerer familierne i bygningsmodellen og laver et bindeled med dynamo til beregningsmodellen. Det samme gør sig gældende med bygningsdelene. Her vil man også med fordel kunne lave en kobling fra bygningsobjektet til beregningsmodellen, når man skulle beregne U-værdierne. Et tænkt eksempel med et sådan systemdesign, vil være hvis man ændrede en bygningsdel, eksempelvis en ydervæg, så ville radiatoren og ventilationen ændre både størrelse og effekt - alt sammen ud fra ingeniørens beregning. Dette kunne skabe et bedre BIM-miljø som direkte sikre en konsistens mellem ekstern data og bygningsmodel - altså bringe beregningsmodel og bygningsmodel tættere sammen gennem strukturerede afhængigheder.

Men det er ikke kun i det dimensionerende varmetab, at et systemdesign som dette vil kunne bruges. Eksempelvis har konstruktions ingeniøren et lignende setup, med en beregningsmodel der ikke har et direkte link til bygningsmodellen. Her vil man med fordel kunne lave et lignende systemdesign, hvor statiske beregninger slår hurtigt og effektivt igennem på bygningsobjekterne og derved skaber konsistens mellem funktion og objekt design.

Virksomheder kan med fordel arbejde med teknologier som Dynamo, der for den visuelle programmeringsdel minder meget om Rhino/Grashopper. Hvis man i forvejen har medarbejdere med disse kompetencer, vil de hurtigt kunne tillære sig dynamo. Disse teknologier er fremragende værktøjer til strukturering og sortering af informationer, som forfatterne gennem deres erfaring, og via flere af de adspurgte informanter, mener er en af branchens helt store udfordringer. Det skal dog siges at alt for store datamængder/byggeprojekter vil kræve en lidt anden tilgang end denne rapport's udgangspunkt, da det er en prototype som virker, men hverken er driftssikker eller optimeret til større modeller. Dertil vil det kræve en del produktudvikling. Dette felt er i eksponentiel vækst og hvis virksomhederne rykker på dette marked, vil der være mulighed for en fremtidig konkurrencefordel.

Fremtiden med Dynamo åbner for flere muligheder. Den mest åbenlyse er en effektivisering og i nogle tilfælde automatisering af eksisterende arbejdsgange/workflows. Men der er også nye muligheder, for eksempelvis 'data mining' hvor man begynder at analysere data og lede efter mønstre man kan bruge i forskellige sammenhænge. Endnu en mulighed ses som et 'datawarehouse', hvor man begynder at vurdere projekter op mod hinanden, og lave erfaringsopsamling på virksomheds niveau. Herved omdannes implicit viden til eksplicit viden, altså fjernes viden fra menneskerne og i større grad placeres hos virksomheden.

5.1 LITTERATURLISTE

- Aish, R., 2011. DesignScript: Origins, Explanation, Illustration. , p.8. Available at: http://www.autodeskresearch.com/pdf/DesignScript_DMS_2011.pdf [Accessed October 29, 2015].
- Argyris, C., 2002. Teaching Smart People How to Learn. *Reflections: The SoL Journal*, 4(2), pp.4–15.
- Barrios Hernandez, C.R., 2006. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi C. R. Barrios Hernandez, ed. *Design Studies*, 27(3), pp.309–324.
- BIPS, 2006. *3D arbejdsmetode 2006* 1st ed., Det Digitale Byggeri, BIPS.
- BIPS, 2014. *BIM survey 2014*, BIPS. Available at: http://bips.dk/files/bips.dk/article_files/bim_survey_2014_r0_0.pdf.
- BIPS, 2015. Det Digitale Byggeri. , 2015(September, 9). Available at: <http://bips.dk/v%C3%A6rkt%C3%B8jsomr%C3%A5de/det-digitale-byggeri#0>.
- BIPS, 2008. *Modelbaseret arbejdsmetode i bips - Medlemsundersøgelse maj 2008*, BIPS. Available at: http://bips.dk/files/bips.dk/article_files/modelbaseret_arbejdsmetode_i_bips_-_medlemsundersogelse_2008.pdf.
- Brown, a., 1998. Narrative, politics and legitimacy in an IT organisation. *Journal for Organisational Studies*, 35(1), pp.35–8.
- Bygningsstyrelsen, 2015. Digitalt Byggeri. , 2015(September 9). Available at: <http://www.bygst.dk/viden-om/digitalt-byggeri/?AspxAutoDetectCookieSupport=1>.
- Celani, G. & Vaz, C.E.V., 2012. CAD Scripting And Visual Programming Languages For Implementing Computational Design Concepts: A Comparison From A Pedagogical Point Of View. *International Journal of Architectural Computing*, 10(01), pp.121–138.
- Eastman, C. et al., 2011. *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers designers, engineers, and contractors. [eBook]* C. Eastman, ed., Chichester : John Wiley & Sons.
- Greenwood, R., Suddaby, R. & Hinings, C.R., 2002. Theorizing Change : The Role Of Professional Associations In The Transformation Of Institutionalized Fields. *Academy of Management Journal*, 45(1), pp.58–80.
- Gün, O.Y. et al., 2012. Dosya 29: Computational Design.
- Hildebrandt, S. & Brandt, S., 2005. *Ledelse af forandring Virksomhedens konkurrencekraft* 1. udgave,, Børsens Forlag A/S.
- Holtzblatt, K., 1998. *Contextual design : defining customer-centered systems* H. Beyer, ed., San Francisco, Calif. : Morgan Kaufmann Publishers.
- Holtzblatt, K. & Beyer, H., 2015. *Contextual design : evolved / Karen Holtzblatt and Hugh Beyer* K. Holtzblatt, ed., San Rafael, California 1537 Fourth Street, San Rafael, CA 94901 USA : Morgan & Claypool.
- Kaplan, R.S. & Norton, D.P., 1992. The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance. *Harvard Business Review*, 70(February), pp.71–79.

- Kiviniemi, A., 2005. Requirements management interface to building product models.
- Kotter, J.P., 2007. Leading Change: Why transformation efforts fail. *Harvard Business Review*, pp.91–94.
- Leach, N., 2014. Parametrics Explained. *Next Generation Building*, 1(1), pp.1–10. Available at: <http://default.portal.igpublish.com/iglibrary/browse/journal/article/NGBJ0000004.html>.
- Negendahl, K., 2015. Building performance simulation in the early design stage: An introduction to integrated dynamic models. *Automation in Construction*, 54, pp.39–39–.
- Orlikowski, W.J., 1992. THE DUALITY OF TECHNOLOGY : Rethinking the Concept of Technology in Organizations.
- Orlikowski, W.J. & Gash, D.C., 1994. Technological frames: making sense of information technology in organizations. *ACM Transactions on Information Systems*, 12(2), pp.174–207.
- Pries-heje, J.A.N., 2003. Role Model for the Organisational It.
- Retsinformation, 2013. Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri. , Bekendtgør. Available at: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=145421>.
- Standard, D., 2002. Beregning af bygningers varmetab Indholdsfortegnelse.
- Thurén, T., 2008. *Videnskabsteori for begyndere / Torsten Thurén* T. Thurén, ed., Kbh. : Rosinante.
- Vestergaard, F. et al., 2012. ØG-DDB Teknisk Rapport: Afrapportering af projektet: Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri (byggeriets digitalisering).
- Walsham, G. & Sahay, S., 1999. GIS for district-level Administration in india: Problems and Opportunities. *MIS Quarterly*, 23(1), pp.39–65.

5.2 FIGUR- OG TABELLISTE

FIGUR 1.2-1 ANVENDT TEKNOLOGISKE VÆRKTØJER, KILDE (BIPS 2014)	13
FIGUR 2.1-1 GRAF DER VISER ANTALLET AF PROBLEMATIKKER VEDRØRENDE KATEGORIER	27
FIGUR 2.1-2 4 TRIN FOR REDEFINERING AF PROBLEMATIK	27
FIGUR 2.1-3 BRUTTOLISTE OG GROVSORTERING	28
FIGUR 2.1-4 UDVÆLGELSE OG KONDENSERING AF NØGLEPROBLEMATIK	29
FIGUR 2.1-5 PROBLEMATIK 1 OG DE 7 INDEHOLDTE PROBLEMATIKKER.	30
FIGUR 2.1-6 FUNKTIONSDESIGN, SOM OMRÅDE FOR NEDSLAG AF VIDERE BEARBEJDNING.	31
FIGUR 2.1-7 RE-DESIGN AF ARBEJDSPROCES VEDRØRENDE PROGRAMMERINGSFASENS PRODUKT TIL ANVENDELSE FOR PROJEKTERING.	31
FIGUR 2.1-8 KONCEPT FOR REDFINERING AF PROBLEMATIK	34
FIGUR 2.2-1 MÅLKONGRUENS VED TRADITIONEL 2D DOKUMENTBASERET PROJEKTERING, EFTER (KIVINIEMI 2005)	35
FIGUR 2.2-2 MÅLKONGRUENS VED EN PARAMETRISK MODELLERINGS PROCES, FRIT EFTER (KIVINIEMI 2005)	36
FIGUR 2.2-3 AUTODESK REVIT, BYGNINGSOBJEKT SOM FAMILY (.RFA)	39
FIGUR 2.2-4 DESIGNSCRIPT SOM ET MULTI-PARADIGME SPROG (AISH 2011)	41
FIGUR 2.2-5 SKÆRMBILLEDE FRA DYNAMO, WORKSPACE FOR ARBEJDE	42
FIGUR 2.2-6 DYNAMO EKSEMPEL, SKÆRMBILLEDE, DESIGNSCRIPT OG OPBYGNING MED NODER OG TRÅDE.	43
FIGUR 2.2-7 EKSEMPEL FRA DYNAMO, SKÆRMBILLEDE, DET VISES HVORDAN EN NODE KAN HAVE EN SPECIFIK FUNKTIONALITET.	43
FIGUR 2.2-8 INTEROPERABILITET MELLEM REVIT OG DYNAMO, SKÆRMBILLEDE AF DYNAMO STARTET SOM ADD-IN	44
FIGUR 2.2-9 GRAFISK OG VISUEL KODESTRUKTUR, SKÆRMBILLEDE FRA DYNAMO	45
FIGUR 2.2-10 DYNAMO SOM EN BINDELED (MEDIATOR) OG/ELLER LØSNING (SOLUTION).	46
FIGUR 2.2-11 DYNAMO SET I LØSNINGSEKSEMPEL OG SEKVENTIELT FORLØB	47
FIGUR 2.2-12 DESIGN PROCES, SOM SKITSEBASERET	48
FIGUR 2.2-13 TEKNOLOGISK RAMME, SKITSEBASERET DESIGN	49
FIGUR 2.2-14 DESIGNPROCES, SOM COMPUTATIONAL BIM	50
FIGUR 2.2-15 TEKNOLOGISK RAMME, COMPUTATIONAL BIM	51
FIGUR 2.3-1 DYNAMO SCRIPT TIL OPRETTELSE AF VIEWS OG SHEETS	53
FIGUR 2.3-2 ESTIMERET ØKONOMISK BESPARELSE VED ANVENDELSE AF DYNAMO SCRIPT	53
FIGUR 2.4-1 PROJEKT AFGRÆNSNING	55
FIGUR 3.1-1 UDDRAG DS 418, FORMLER FOR TRANSMISSIONSTAB GENNEM KLIMASKÆRM	57
FIGUR 3.1-2 SEKVENSMODEL I FORHOLD TIL SOFTWARE OG TYPE AF OPGAVE	58
FIGUR 3.2-1 KONCEPTUEL MODEL AF EN BYGNING	59
FIGUR 3.2-2 KONCEPTUEL MODEL FOR OBJEKTDESIGN	60
FIGUR 3.2-3 KONCEPT FOR LOKALISERING AF YDERVÆG (KLIMASKÆRM), FASE 1	61
FIGUR 3.2-4 KONCEPT FOR LOKALISERING AF KOMPONENTER FOR YDERVÆGGE, FASE2	61
FIGUR 3.2-5 GRAFISK OPSTILLING AF WORFLOW MELLEM EXCEL, REVIT OG DYNAMO.	63
FIGUR 3.2-6 IDM AF PROCES MED VARMETAB 01	64
FIGUR 3.3-1 PROJEKT-BYGNINGSMODEL, UDARBEJDET SOM FORSØGS CASE	65
FIGUR 3.3-2 BYGNINGSMODEL, 3D INTEGRITET - ILLUSTRERET OMFANG OG KOMPLEKSITET	66
FIGUR 3.3-3 BYGNINGSMODEL, KONKRETISERING AF KONCEPTUEL MODEL	66
FIGUR 3.3-4 BYGNINGSMODEL, ARBEJDE MED SHARED PARAMETERS I REVIT OG EGENSKABSDATA FOR RADIATOR OBJEKTER	67
FIGUR 3.3-5 SAMMENHÆNG MELLEM NARRATIV OG BRUGER, SAMT BRUGERGRUPPER	68
FIGUR 3.3-6 ILLUSTRATION AF EN FORANDRING AF ET EKSISTERENDE SYSTEM, SOM ERSTATNING MED ET NYT SYSTEM.	68
FIGUR 3.3-7 SEKVENSMODEL AF DATA UDTRÆK FRA DESIGN-BYGNINGSMODEL.	71
FIGUR 3.3-8 LØSNING - STEP #01	72

FIGUR 3.3-9 LØSNING - STEP #02	73
FIGUR 3.3-10 LØSNING - STEP #03	74
FIGUR 3.3-11 ILLUSTRATION AF ØNSKET DATA UDTRÆK, VEDRØRENDE RUM: "KONTOR 1" I BYGNINGSMODEL	75
FIGUR 3.3-12 DEN TOTALTE LØSNINGSMODEL AF STEP#01 I DYNAMO	76
FIGUR 3.3-13 SAMLEDE LØSNING FOR TRIN 3 I DYNAMO	76
FIGUR 3.3-14 STEP#01 - UDTRÆK AF RUM DATA FRA BYGNINGSMODELLEN ILLUSTRERES	77
FIGUR 3.3-15 STEP#01 - SCRIPT TIL LOKATION AF YDERVÆGS ELEMENTER OG DERES AREALER.	77
FIGUR 3.3-16 STEP#01 - TRUE/FALSE VÆRDIER UD FRA RUMMETS INDHOLD AF YDERVÆGGE	78
FIGUR 3.3-17 STEP#01 - DATA OM DØRE I YDERVÆGGE, FORBEREDES FOR DATAUDTRÆK	78
FIGUR 3.3-18 STEP#01 - DATA OM KRING VINDUER I YDERVÆGGE FORBEREDES TIL UDTRÆK	78
FIGUR 3.3-19 STEP#01 - DATA OM GULVE OG TAG, FORBEREDES TIL UDTRÆK	79
FIGUR 3.3-20 STEP#01 - DATA FORBEREDES FOR LAGRING OG UDVEKSLING MED EXCEL	80
FIGUR 3.3-21 STEP#02 - DATA EFTER LAGRING I EXCEL	81
FIGUR 3.3-22 STEP#02 - DESIGN OVERSIGT AF DATA I EXCEL	81
FIGUR 3.3-23 STEP#02 - KONSTRUKTIONS TRANSMISSIONS VÆRDIER FOR BEREGNING	82
FIGUR 3.3-24 STEP #02 - U-VÆRDIER FOR KONSTRUKTIONSDELE	83
FIGUR 3.3-25 STEP#02 - TRANSMISSIONSTAB SOM BEREGNING	83
FIGUR 3.3-26 STEP#02 - VENTILATIONSTAB SOM BEREGNING	83
FIGUR 3.3-27 STEP#02 - BEREGNING AF DET DIMENSIONERENDE VARMEAB PR. RUM	84
FIGUR 3.3-28 STEP#03 - ALLE RUM UNDERSØGES FOR INDHOLD AF RADIATORER	85
FIGUR 3.3-29 STEP#03 - LISTERNE MED RADIATORER PR. RUM OG DERES DESIGN-VÆRDI EFFEKT SKRIVES TIL EXCEL	85
FIGUR 3.3-30 STEP#02 - AUTOMATISERET VALG AF RADIATOR TILPASSET BEHOVET PR. RUM	86
FIGUR 3.3-31 STEP#02 - RADIATORLISTE I EXCEL	86
FIGUR 3.3-32 STEP#03 - DER LÆSES BEREGNEDE VÆRDIER FRA EXCEL, FOR ANVENDELSE TIL OBJEKTDESIGN	86
FIGUR 3.3-33 STEP#03 - OBJEKTDESIGNET UDFØRES VED AT SKRIVE NYE VÆRDIER TIL BYGNINGSOBJEKTER I BYGNINGSMODELLEN	87
FIGUR 3.4-1 INSTITUTIONEL TEORI ILLUSTRERET SOM KONCEPT	89
FIGUR 3.4-2 6 FASER FOR INSTITUTIONALISERING, FRIT EFTER GREENWOOD	90
FIGUR 3.4-3 ANT TEORIEN, FRIT ILLUSTRERET	94
FIGUR 3.4-4 FASER VED SENSE-MAKING, FRIT EFTER	95

TABELISTE

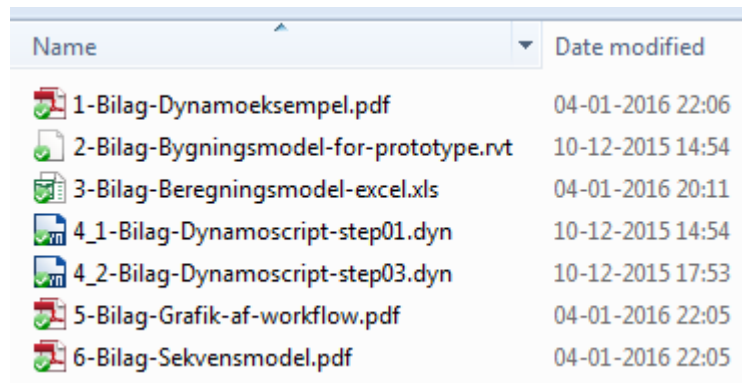
TABEL 2.1-1 BRUTTOLISTE OVER INDSAMLEDE PROBLEMATIKKER	26
TABEL 3.1-1 TABEL OVER DATA BEHOV	58

6 BILAG

Nedenstående ses en liste over de samlede bilag der vedrører denne rapport:

- 6.1 BILAG 1 - DYNAMO EKSEMPEL - FORBEDRET WORKFLOW VED PROJEKTOPSTART**
- 6.2 BILAG 2 - BYGNINGSMODEL FOR PROTOTYPE**
- 6.3 BILAG 3 - BEREGNINGSMODEL, EXCEL**
- 6.4 BILAG 4 - DYNAMO SCRIPTS (PROTOTYPE)**
- 6.5 BILAG 5 - GRAFISK OPSTILLING AF WORFLOW MELLEM EXCEL, REVIT OG DYNAMO**
- 6.6 BILAG 6 - SEKVENSMODEL AF DATA UDTRÆK FRA DESIGN-BYGNINGSMODEL**

Alle bilag vedlægges rapporten som en digital aflevering. Ud fra nedenstående indhold i mappenavn, kan alle bilag findes.










Name	Date modified
1-Bilag-Dynamoeksempel.pdf	04-01-2016 22:06
2-Bilag-Bygningsmodel-for-prototype.rvt	10-12-2015 14:54
3-Bilag-Beregningsmodel-excel.xls	04-01-2016 20:11
4_1-Bilag-Dynamoscript-step01.dyn	10-12-2015 14:54
4_2-Bilag-Dynamoscript-step03.dyn	10-12-2015 17:53
5-Bilag-Grafik-af-workflow.pdf	04-01-2016 22:05
6-Bilag-Sekvensmodel.pdf	04-01-2016 22:05

7 APPENDIKS

Nedenstående ses en liste over de samlede Appendiks der vedrører denne rapport:

- 7.1 APPENDIKS 1 – INTERVIEWSKABELON**
- 7.2 APPENDIKS 2 – INTERVIEWGUIDE**
- 7.3 APPENDIKS 3 – PR-MATERIALE – PRÆSENTATION AF PROJEKT**
- 7.4 APPENDIKS 4 - TRANSKRIBERING, INTERVIEW SØREN JENSEN**
- 7.5 APPENDIKS 5 - FELTDAGBOG, INTERVIEW MOE A/S**
- 7.6 APPENDIKS 6 - FELTDAGBOG, DIALOGMØDE DTU**
- 7.7 APPENDIKS 7 - BRUTTOLISTE OVER INDSAMLEDE PROBLEMATIKKER**

Appendiks vedlægges ikke rapporten men kan fremsendes efter ønske. For bedømmelse af rapporten, fremsendes Appendiks til vejledere og censor.

 1-Appendiks-Interviewskabelon.pdf	05-01-2016 16:12
 2-Appendiks-Interviewguide.pdf	05-01-2016 16:11
 3-Appendiks-PR-materiale-præsentation...	29-10-2015 15:14
 4-Appendiks-Transkribering-Soren-Jense...	05-01-2016 16:11
 5-Appendiks-Feltdagbog-interview_MOE...	05-01-2016 16:11
 6-Appendiks-Feltdagbog_DTU.pdf	05-01-2016 16:10
 7-Appendiks-Bruttoliste-over-indsamled...	05-01-2016 16:10