

ANVENDELSE AF PARAMETRISK DESIGN VÆRKTØJER I EN MINDRE TEGNESTUE

Skrevet af: Ashkan Kazem Aliloo

April 2018



Anvendelse af parametrisk design værktøjer i en mindre tegnestue

Uddannelsesinstitution:	Aalborg Universitet
Uddannelse:	Cand. Tech. Bygningsinformatik
Projekttype:	4. semester Kandidatspeciale
ECTS:	30 ECTS points

Forfattere:

Ashkan Kazem Aliloo (akazem16@student.aau.dk)

Vejledere:
oplag:
Udgivelses dato:
Sidetal:
Anslag:

Kjeld Svidt Digital publicering 10. April 2018 64 85.166

Ashkan K. Aliloo

FORORD

Denne rapport er udarbejdet som et kandidatspeciale på Cand.Tech Bygningsinformatik studiet, ved Aalborg Universitet.

I rapporten undersøges om der anvendes højteknologiske løsninger hos en mindre tegnestue, med fokus på parametrisk design værktøjer. Derefter om disse værktøjer kan optimere den eksisterende designproces, samt om disse kan skabe værdi for virksomheden.

Forfatteren siger stor tak til vejledning gennem semesteret til:

Kjeld Svidt (AAU)

Rapporten er udarbejdet i samarbejde med en tegnestue, dermed ønsker forfatteren at takke denne:

VIVA arkitekter i Horsens

Dato: 10.04.2018

Forfatter: Ashkan Kazem Aliloo

RESUMÉ

Rapporten tager udgangspunkt i den danske byggebranche, hvor digitale værktøjer ses at konstant være under udvikling. Branchen tager flere højteknologiske løsninger til sig, hvor samtidigt manuelt arbejde formindskes. Da mindre virksomheder ofte har begrænsede ressourcer, forventes der ikke højteknologiske løsninger blive anvendt hos disse.

I rapporten fokuseres derfor på en designproces hos en mindre tegnestue, for at få et indblik i dennes system samt anvendelse af digitale værktøjer. I rapporten er der valgt at fokusere på parametrisk design modelleringsprincipper, dermed forsøges at implementere værktøjet Dynamo i designprocessen.

Tegnestue som forventede anvender ikke nye digitale værktøjer, da disse ses for at være ressourcekrævende. Dermed udføres meget manuelt arbejde gennem designprocessen, som resulterer i en tidskrævende proces.

Det eksisterende system på tegnestuen analyseres gennem Contextual Design metodens faser samt workmodels, hvor i rapporten anvendes workflow samt sekvensmodel til analyse af designprocessen. Herefter undersøges om manuelt arbejde kan elimineres i designprocessen, ved at anvende nye digitale værktøjer. På baggrund af rapportens overordnede fokusområde, hvilket er parametrisk design værktøjer, forsøges en automatisering af designprocessen ved hjælp af Dynamo.

For optimering af designprocessen udarbejdes prototyper, hvor disse senere præsenteres samt afprøves på tegnestuen. Hvorefter effektivitet af de nye konceptuelle løsninger, dokumenteres ved sammenligning af tidsforbruget på den eksisterende samt den ny designproces.

ABSTRACT

The report focuses on the Danish building industry, where digital tools seems to be constantly under development. The building industry implements high technological solutions, to minimize the number of manual tasks done by humans. Small businesses often have a limited budget, therefore the resources are limited as well, so no expectations to these businesses for applying any type new high technological solutions existing in the building industry.

The reason why in this report the focus will be on a small architectural firm, to get an insight of its design process. This report's main subject is parametric design tools; therefore, its intent is to optimize the firms design process by implementing Dynamo as a modelling tool.

As expected the Architectural firm doesn't apply any type of new high technological tools, since they seem to be expensive. That means during the design process many tasks are done manually by the employees, which results in many hours are spend doing things that computers can do much faster.

In the report the Contextual Design method's phases is being applied to analyze the firms design process, and the method's sequence and workflow models being applied to describe and illustrate the process' part which employees desire automated.

Because of the report's main subject which is parametric modelling, those sequences of the design process will be attempted optimized or automated with Dynamo.

For optimizing the design process some prototypes will be created, which will be presented for the firm and putting to test. The effectiveness of those conceptual solutions will be documented by comparing the time consumption of the existing and the new optimized design process.

Indholdsfortegnelse

KAP. 1 INDLEDNING	4
1.1 PROBLEMSTILLING	5
1.2 CASE BESKRIVELSE	7
KAP. 2 METODER	8
2.1 CONTEXTUAL DESIGN	8
2.1.1 KONCEPTUELLE MODELLER	11
2.2 EMPIRI INDSAMLING	11
2.3 INTERVIEWFORM	13
2.4 METODE OG KILDEKRITIK	14
KAP. 3 PROBLEMANALYSE	15
3.1 PROBLEMBESKRIVELSE	15
3.2 DATABEHANDLING	17
3.3 PROCES	20
3.3.1 Kommunikation og samarbejde	20
3.3.2 PROCESS BREAK DOWN	22
3.4 VISION	25
3.5 ENDELIG PROBLEMFORMULERING	26
3.6 AFGRÆNSNING	26
KAP. 4 TEKNOLOGISKE LØSNINGER	27
4.1 PARAMETRISK DESIGN	27
4.2 CAD SCRIPTING	28
4.3 VISUAL PROGRAMMING LANGUAGE (VPL)	29
4.4 DIGITALE VÆRKTØJER	30
4.4.1 GRASSHOPPER	31
4.4.2 DYNAMO	33

4.4.3 Autodesk Formit	37
4.4.4 PROJECT FRACTAL	39
4.4.5 NTI TOOLS	41
KAP. 5 PROBLEMBEARBEJDNING	42
5.1 FORUDSÆTNINGER FOR OPTIMERING	42
5.2 KONCEPTUELLE LØSNINGER	43
5.3 AFPRØVNING	52
5.3.1 OPRETTELSE AF REVIT SHEETS	52
5.3.2 UDSKRIVNING AF SHEETS	53
5.3.3 Lysindfaldsberegning	54
5.4 ARBEJDSPROCES OPTIMERING	57
5.5 OPSUMMERING	59
KAP. 6 KONKLUSION & PERSPEKTIVERING	61
KAP. 7 REFERENCER	62
7.1 KILDELISTE	62
7.2 FIGURLIGSTE	64

Læsevejledning

Rapportens undersøgelse tager udgangspunkt i en generel problemstilling, som formuleres i form af en initierende problemformulering. Denne har til formål at danne ramme for rapportens overordnede fokusområde, hvor denne senere i samarbejde med en virksomhed indsnævres. Dermed deles rapporten i flere faser hvor denne gennem disse, skal besvare rapportens endelig problemformulering. Rapporten er delt op flere kapitler, hvor hvert kapitel udgør en fase af rapporten. Disse beskrives herunder:

Rapporten lægger ud med at beskrive en generel problemstilling, samt en kort beskrivelse af virksomheden undersøgelsen udføres i samarbejde med.

Den næste del af rapporten omhandler metoder, forfatteren har udvalgt til udarbejdelse af denne, hvor disse skal danne grundlag for undersøgelsen udførelse.

Efter beskrivelse af metoder, i kapitel tre igangsættes undersøgelsen. Hvor i rapporten problemstillingen analyseres med fokus på tegnestuens behov, hvor ved hjælp af disse analyser udarbejdes den endelig problemformulering.

I den fjerde del af rapporten kigges på de eksisterende teknologiske løsninger, hvor ved ibrugtagning af disse senere udarbejdes prototyper i form af løsninger.

Den femte del af rapporten omhandler udarbejdelse af løsninger, til tegnestuens opståede udfordringer. Hvor disse løsninger afprøves samt måles på effektivitet af løsningen.

I den sidste del af rapporten skrives en konklusion for undersøgelsens resultater, samt en besvarelse af den endelig problemformulering.

Det sidste kapitel i rapporten vil indeholde liste over kilder samt figur anvendt i rapporten. Kilde til figur vil findes i figurlisten.

Citater i rapporten vil fremstå i anførelsestegn med kursiv skrift, efterfølgende angives kilden i parentes.

Kap. 1 INDLEDNING

Hver dag er udviklere i gang med at forbedre designprocesser, ved at tilføje nye funktioner til de eksisterende værktøjer eller tilbyde nye løsninger. Der fokuseres meget på dels eller fuldautomatisering af mange opgaver i en designproces, da denne kan resultere i store tidsbesparelser.

Hos mindre tegnestuer tidsfaktor i en designproces prioriteres højt, da ressourcer er mere begrænsede end der er hos større virksomheder. Dette gælder især for konkurrence projekter, da virksomheder ikke garanteres honorar for ydelsen, dermed kan et nederlag betyde mange timers arbejde uden belønning.

Når tid spiller en stor rolle hos mindre virksomheder, kan arkitekter få gavn af værktøjer, hvor et eller flere design forslag kan udarbejdes på kortere tid. Dermed den overskydende tid kan eksempelvis bruges til forbedring af det endelige resultat, eller på andre projekter. Således kan mindre virksomheder blive mere konkurrencedygtige, samt få flere ressourcer ved at skabe større omsætning.

Tidsbesparelse i en designproces kan ofte opnås ved optimering systemet, hvor nye arbejdsprocesser tilføjes eller nogle af de eksisterende fjernes. Dette kan eksempelvis være processer hvor et værktøj er forældet, eller behov for andre værktøjer.

I rapporten kigges der på en designproces hos en mindre tegnestue, for at optimere nogle de eksisterende arbejdsprocesser med formål at opnå en tidsbesparelse. På baggrund af den indsamlede viden gennem studiet på Aalborg Universitet, vil der forsøges en modernisering af systemet, med fokus på implementering af nye arbejdsprocesser samt nye digitale værktøjer.

For rapportens undersøgelse er parametrisk design værktøjer valgt, som primært fokusområde. Dette skyldes den stor interesse for disse typer af værktøjer i byggebranchen, samt modelleringsprincipper ses for at blive taget til et nyt niveau. Da disse værktøjer vha. scripting som udføres ved visuel programmering sprog, åbner op for mange muligheder. Dermed vil der i rapporten undersøges parametrisk design værktøjers anvendelighed, samt om en mindre tegnestue kan få gavn af disse værktøjer.

1.1 PROBLEMSTILLING

I byggebranchen vises der stor interesse for parametrisk design, da metoden åbner op for muligheder, ved at usædvanlige geometri kan skabes vha. matematiske ligninger, samt beregninger. Disse ligninger udarbejdes i et værktøj i form af algoritme, hvor ved manipulering af værdien af de tilhørende parametre ændres geometrien på meget kort tid. Dette kan resultere i flere designforslag kan udarbejdes på meget kortere tid, end de traditionelle modelleringsprincipper. Parametrisk design ses at have været anvendt af en arkitekt tilbage i 1940 (Davis 2013), derfor denne teknik for modellering er ikke et nyt fænomen i arkitekturverdenen.

I rapporten undersøges derfor om metoden kan anvendes hos en mindre tegnestue, samt hvilke forudsætninger metodens anvendelse kræver.

Da metoden har været anvendt i byggebranchen i flere årtier, en række af digitale værktøjer er der i dag, med formål at anvende parametrisk modellering til bygningsmodeller. For at finde ud af hvilke af disse værktøjer skal vælges som fokusområde i rapporten, kigges der først på hvilken 3D modelleringapplikation anvendes mest i Denmark. Derefter undersøges hvilke parametrisk design værktøj, har bedste interoperabilitet med denne.



Figur 1.1 Udklip fra BIM survey 2014 (bips 2015)

På Figur 1.1 vises resultatet af en undersøgelse, fortaget af bips i 2014 og udgivet tilbage i 2015. I undersøgelsen deltog 261 personer, hvor 2/3 del af deltagerne stemte på Autodesk Revit, og AutoCAD fik anden pladsen med 49% af stemmerne. (bips 2015)

Resultatet af denne undersøgelse anvendes som argument, for valg af Dynamo som rapportens primært fokusområde for parametrisk designværktøj. Dette skyldes at Dynamo er en del af Revit, dermed forventes en høj interoperabilitet mellem Dynamo og Danmarks mest anvendt 3D modelleringsværktøj Revit.

Undersøgelsen vil tage udgangspunkt i en initierende problemformulering, som senere gennem en analyse skal rette hen mod et fokusområde, samt en endelig problemformulering.

Hvordan kan parametrisk designværktøjer anvendes i en designproces hos en mindre tegnestue, således at dette skaber værdi for virksomheden?

1.2 CASE BESKRIVELSE

Rapporten udarbejdes i samarbejde med en mindre arkitektvirksomhed, bestående af tre arkitekter og en bygningskonstruktør. Tegnestuen deltager hyppigt i konkurrencer, om projektering af større byggeprojekter. Derudover arbejdes der med projekter som daginstitutioner, sportshaller, industri bygninger, boliger samt villaer. Virksomheden blev stiftede tilbage i 2009, bestående af arkitekter med mange års erfaring i byggebranchen.

I rapporten fokuseres på designprocessen, hos denne arkitektvirksomhed. Her kigges der på de sekvenser processen består af, fra en arkitekt starter udarbejdelse af et designforslag, til det endelige resultat bliver leveret til kunden. Som en del af undersøgelsen kigges der bl.a. på, værktøjer der anvendes i designprocessen samt metode(r), hvor arkitektens kompetencer tages til efterretning, til en senere implementering af et løsningsforslag.

Kap. 2 METODER

I dette kapitel beskrives hvilke metoder samt teorier, der anvendes i undersøgelsen. Disse skal danne ramme for undersøgelsens videns indsamling, samt behandling og fortolkning af den indsamlede data. Metoder og teorierne vil blive beskrevet, samt hvordan disse vi blive anvendt og hvorfor de er relevante for denne undersøgelse. Afsnittet skal hjælpe læseren med at forstå rapportens struktur, samt hvordan forfatteren griber opgaven an, for udførelse af undersøgelsen.

2.1 CONTEXTUAL DESIGN

Contextual Design (CD) er metode tiltænkt til både udvikling af nye, samt optimering af eksisterende systemer., metoden fungerer som en skabelon, der indeholder værktøjer og guidelines til design af en proces (Beyer and Holtzblatt 1998). For rapporten vil CD sikre et struktureret arbejde, i henhold til en anerkendt metode eller værktøj. I problemanalyse delen vil metoden anvendes, til redegørelse samt analyse af den eksisterende arbejdsproces, med henblik på forståelse samt belyse eksisterende udfordringer.

Metoden består bl.a. af konceptuelle modeller, disse kan anvendes for at beskrive en arbejdsproces. Ved anvendelse af modellerne dannes der et overblik over hvordan en bruger griber en opgave an, samt hvor der opstår udfordringer eller konflikter. Dermed kan disse modeller belyse, hvor der behov for optimering i et system eller arbejdsproces. I undersøgelsen anvendes to konceptuelle modeller, disse udvælges ud fra forfatterens vurdering af at være relevant for rapporten. Disse præsenteres samt beskrives i det næste afsnit 2.1.1.

Metoden arbejder med 9 faser, hvor disse kan gennemarbejdes sekventielt eller udvælges efter behov.

- 1. Contextual Inquiry
- 2. Interpretation sessions
- 3. Work modelling
- 4. Affinity diagram
- 5. Workmodel consolidation
- 6. Vision
- 7. Storyboards
- 8. User Environment design
- 9. Prototyping

I problemanalyse delen af rapporten arbejdes der med:

- Contextual Inquiry
- Interpretation session
- Workmodel consolidation
- Vision

Contextual Inquiry:

I den første fase af Contextual Design, indsamles data til analyse samt bearbejdning af problemstillingen. Her indsamles kvalitativt data på baggrund af den initierende problemformulering, hvor denne skal danne grundlag for rapportens endelig problemformulering. Informationen indsamles vha. observationer samt interviews, hvor derefter den indsamlede data struktureres og viderebearbejdes til de efterfølgende faser.

Interpretation session:

I denne fase anvendes workmodels som en fortolkning af det indsamlede data ved interviews samt observationer. Disse fortolkninger og modeller medbringes til det næste interview, hvor de præsenteres samt gennemgås med interviewpersonenerne. Således sikres en rigtig fortolkning af observationer samt det indsamlede data. Til undersøgelsen er der valgt to konceptuelle modeller, hvor disse skal illustrere nuværende samt den fremtidige designproces i rapporten.

Workmodel/Data consolidation:

Allerede i den forrige fase blev den indsamlede data fra Contextual Inquiry, konsolideret ved fortolkning af data gennem modeller med interviewpersonerne. En yderligere konsolidering af det indsamlede data sker i denne fase. Dette giver dataet større validitet, hvilke gør undersøgelsens resultat mere solid.

Vision:

Ud fra de konsolideret data samt modeller, skabes der overblik over hovedproblematikken, som synliggør fokusområdet for undersøgelsen. Her skabes der et startpunkt vha. visioning, hvor en opsummering af ideer, vil senere danne ramme for en mulig løsning for hovedproblematikken.

Metoder

I problembearbejdnings del af rapporten arbejdes der med:

- Storyboards
- User Environment Design
- Prototyping

Storyboards:

Storyboard illustrerer hvordan en opgave skal blive udført i den virkelige verden. Den er basereret på vision skabt på baggrund af konsolideret sekvens model. Visionen beskriver hvad den ny proces idebærer, hvor den konsolidereret sekvensmodel definerer strukturen der ligger bag. Dermed binder Storyboards visionen til strukturen af sekvensmodellen. Storyboarding teknikken er lånt fra filmverden, hvor denne anvendes for at bedre illustrere proceduren en proces består af, for at udføre en specifik opgave (Beyer and Holtzblatt 1998). I denne fase illustreres den løsning som er under udvikling for brugeren, da dette giver bedre forståelse for det færdige produkt, både for brugeren samt udvikleren. En storyboard udarbejdes ud fra strukturen den ny optimeret sekvensmodel består af.

Prototype:

Prototyper er med til at skabe et mere solidt færdigt produkt, da fejl og mangler kan hurtigere adresseres i de tidlige versioner. Derfor udarbejdes prototyper i denne fase, hvor disse sammen med brugere afprøves, samt brugerens anvendelse observeres for at opnå den bedst mulig løsning. Således vil det endelig forslag til løsning, hurtigeres udarbejdes med de relevante features og funktioner integreret i denne.

2.1.1 KONCEPTUELLE MODELLER

Som tidligere nævnt består CD af nogle værktøjer, disse kaldes for konceptuelle modeller. Modellerne anvendes til at illustrere hvordan et system er opbygget, samt relationer og interaktioner i dette. I rapporten anvendes Workflow og Sekvensmodel, som skal danne overblik over den nuværende designproces på den tidligere nævnte tegnestue i afsnit 1.2. Dermed er modellerne med til at belyse optimeringsmuligheder, i den pågældende arbejdsproces. Modellerne anvendes i den problemanalyserende del, såvel som den løsningorienterede for at illustrere den ny optimerede arbejdsproces.

Følgende konceptuelle modeller anvendes i rapporten:

- Workflow model
- Sekvensmodel

Workflow model:

Workflow model fokuserer på aktører og deres roller i en proces. Dermed vil denne model illustrerer de involverede aktører og kommunikationen mellem disse, og hvordan opgaverne bliver koordineret. I modellen indgår også artefakter, som her betegner alt der udveksles mellem de involverede aktører i processen, samt de værktøjer der anvendes i forbindelse med udførelse af opgaven.

Sekvensmodel:

For at udføre en opgave skal man igennem en proces som består af nogle trin, disse kaldes også for sekvenser. Denne model beskriver en proces i sekvenser, dvs. illustrerer alle de trin en bruger skal igennem for at udføre en opgave. Da hver sekvens kan bestå af mange handlinger, skal der besluttes hvor detaljeret modellen skal være. Detaljeringsniveauet kan besluttes ud fra, modellens anvendelse eller fokusområde.

2.2 EMPIRI INDSAMLING

Til undersøgelsen anvendes to metoder til empiri indsamling, hvor den **primær** indsamling af information sker gennem dialog med undersøgelsens nøglepersoner. Mere om nøglepersonerne kan læses længere ned i dette afsnit. Som tidligere nævnt i afsnit 2.1, for rapportens undersøgelse udføres Contextual Inquiry, ud fra Contextual Design metoden. Denne udføres som en del af den primær metode for indsamling af empiri.

Når undersøgelsen igangsættes, vil den kvalitative analysemetode anvendes, med det formål at indsamle en stor mængde af information omkring emnet. Derefter vil det indsamles data blive struktureret, hvor de næste møder med nøglepersonerne bliver mere konkrete, som resultat vil der skabes et fokusområde for rapportens undersøgelse. Metoden er med til at hjælpe forfatteren med at forstå nye områder, da dennes viden i starten af undersøgelsen vil være begrænset omkring problemstillingen.

For at skabe ensartethed samt struktur i interviews med nøglepersonerne, er der udarbejde en interviewform som kan læses i afsnit 2.3.

Den **sekundær** empiri indsamling, sker gennem litteraturstudie af faglitteratur samt artikler. Den viden der indsamles gennem litteraturstudiet, skal underbygge eller nedbryde, de tidlig opstillede teorier samt hypoteser. Efter den indsamlede viden gennem den primær og sekundær metode til empiri indsamling, vil forfatteren sikre undersøgelsen en så højt som muligt vidensniveau.

For at sikre den opnåede vidensniveau i rapporten en høj reliabilitet, stiller forfatteren nogle krav til de litteraturer der anvendes i undersøgelsen. Disse kriterier kan læses i afsnit 2.4.

Rapportens nøglepersoner:

Som tidligere nævnt i dette afsnittet, vil den primær empiri indsamling ske i dialog med en række af personer. Disse er udvalgt på baggrund af deres viden, samt relevant rolle for rapportens undersøgelse.

Rapportens nøglepersoner er følgende:

- Vejleder
- Lektor (Aalborg Universitet)VIVA Arkitekter
- CGI¹, 3D grafiker V
 Designer, rådgiver V
 - giver VIVA Arkitekter
- Projektleder, rådgiver
- VIVA Arkitekter

¹ Computer Graphic Illustrator

2.3 INTERVIEWFORM

Som tidligere nævnt i afsnit 2.2 interviews indgår i den primær empiri indsamling. Disse interviews skal hjælpe forfatteren med at få bedre overblik over problemstillingen, og skabe et fokusområde for rapporten. Ved indsamling af empiri for denne undersøgelse, anvendes der den kvalitative metode hvor den uformelle interview indgår, dette udføres ved en samtale med de tidligere nævnte personer i afsnit 2.2. Som en del af undersøgelsen vil der udarbejdes en løsningsforslag, på baggrund af respondenters synspunkter og meninger på problemstillingen.

Der bliver taget referater fra møderne, da dette findes nødvendigt for citater samt udarbejdelse af analyse afsnittet. Referaterne bliver godkendt af respondenterne, for at sikre validitet af den indsamlede empiri.

Ved anvendelse af den kvalitative interviewform, indsamles der viden som ikke bør generaliseres, da der tages udgangspunkt i respondenters beskrivelser. Dvs. at problematikker er gældende for den nævnte tegnestue, da alle virksomheder ikke anvender samme designproces samt værktøjer, dermed oplever ikke samme udfordringer.

Forfatteren udarbejder en række af spørgsmål inden interviews, ved hjælp af den nedstående tabel. Denne strategi skal sikre forfatteren det ønskede viden, samt struktur ved interviews.

Referencerammen	Refleksioner	Spørgsmål		
Hvad siger teorien?	Vil gerne vide	Hvordan får jeg den viden?		

2.4 METODE OG KILDEKRITIK

Formålet med dette afsnit er at beskrive, hvordan forfatteren sikre sig en høj kvalitet af undersøgelsens validitet. Dette skal bl.a. give læseren et indblik i rapportens tilgang til undersøgelsens opbygning og valg af empiri.

Metodekritik

For rapportens undersøgelse er Contextual Design valgt som den primær metode, da metoden er udarbejdet med formål for systemudvikling, hvilket stemmer fint overens med rapportens formål. Da forfatteren er blev præsenteret samt undervist i metoden på studiet, på Aalborg Universitet, er dette et oplagt valg, da denne passer godt til fagområdet.

Kildekritik

For at sikre undersøgelsens data opnår den ønskede reliabilitet, stiller forfatteren sig kritisk overfor litteratur der anvendes i rapporten. Derfor vælges der bøger som er udgivet af eksperter på emneområdet, samt bøger hvor indholdet ikke er forældet, eller erstattet af nyere versioner af samme bog, eller andre bøger. Ph.D. afhandlinger, kandidatspecialer, samt videnskabelige artikler benyttes også i forbindelse med undersøgelsen, som supplement eller inspiration, hvis forfatteren er overbevist om disse er udført med et højt videnskabeligt samt kildekritisk niveau.

Kap. 3 **PROBLEMANALYSE**

Dette kapitel indeholder en analyse af den tidligere beskrevet problemstilling i afsnit 1.1, hvor denne bliver udarbejdet vha. de udvalgte faser af CD. Det indsamlede data gennem Contextual Inquiry, bliver opsummeret samt diskuteret. Som en del af data konsolideringsfasen udarbejdes en sekvensmodel, hvor disse skal kortlægge den nuværende arbejdsproces i sekvenser. Modellen skal belyse en eventuel flaskehals i designprocessen, hvor denne senere skal forsøges en optimering eller automatisering af vha. Dynamo. I denne fase udarbejdes også en workflowmodel, med formål at illustrere kommunikation, samt dataudveksling mellem de involverede aktører.

Ud fra den tidligere beskrevet problemstilling, vil der gennem CDs data konsolidering samt vision fase fastsættes et fokusområde, hvor derefter udarbejdes en problemformulering som senere besvares gennem undersøgelsen. Problemformuleringen skal danne grundlag for rapportens problembearbejdningsafsnit, hvor der udvikles en ny arbejdsproces vha. Dynamo som en optimering af den nuværende designproces.

Gennem denne del af rapporten vil der som resultat, fastsættes et fokusområde for undersøgelsen. Dermed afsluttes kapitlet med en afgrænsning, som argumenterer for forfatterens valg af fokusområde.

3.1 PROBLEMBESKRIVELSE

For igangsættelse af rapportens analysefase, afholdes et indledemøde med nøglepersoner på den nævnte tegnestue i afsnit 1.2. Til mødet blev nogle af de daglige udfordringer i designprocessen drøftet, taget udgangspunkt i rapportens problemstilling. Dermed lægges der kun fokus, på de udfordringer der vedrører en arbejdsproces hvor Revit indgår i.

Til det indledende møde på tegnestuen blev der lagt meget fokus på manuelt arbejde i Revit, eksempelvis oprettelse af schedules, sheets og opmåling af vinduer. Da de nævnte udføres for hvert projekt, kan det blive en ret tidskrævende proces. Oprettelse af sheets, navngivning, nummerering af dem kan være en langsomlig proces, dette gælder især for projekter med mange tegninger. Derefter skal der oprettes en tegningsliste, hvor denne kan udarbejdes ret hurtigt i Revit, hvis de ønskede parametre allerede findes i projektet, dvs. der arbejdes i en Revit Template hvor disse er oprettet. Men på tegnestuen anvendes en skabelon oprettet i Excel, da ikke alle bruger Revit på pladsen, derfor skal alle tegningsinformationer manuelt tastes ind i

CTBI Master's Thesis

excel arket, hvilket er en tidskrævende proces. Her efterspørges en metode hvor de ønskede informationer kan eksporteres fra Revit, samt importeres i Excel efter en bestemt orden, så oplysningerne står i de rigtige koloner. Dette vil eliminere manuelt indtastningen af tegningsinformationer.

Der ønskes bl.a. en metode til automatisering af pdf oprettelse af tegningerne i Revit, da dette også ses som en tidskrævende proces. Specielt da denne proces udføres op til flere gange for hvert projekt, ville en automatisering af denne del være en stor tidsbesparelse i designprocessen. Revits eget integreret værktøj nævnes her, som muliggør udskrivning af tegninger, fra en liste både kombineret samt separat pdf filer. Dette kan udføres med få klik, ud fra en liste som først skal oprettes i værktøjet. Men dette vil ikke være en mulighed hvis tegningerne er oprettet med forskellige papirformater, da ved den tidligere nævnte metode kan der kun vælges et format for alle tegninger. Derfor ved projekter hvor tegninger har forskellige papirformater, skal disse udskrives en efter en.

I en designproces er overholdelse af krav stillet af myndighederne en vigtig del af skitsefasen, da disse kan have en stor påvirkning på bygningens udformning. Derfor allerede de første skitser bør overholde disse, inden designforslaget præsenteres for bygherren. Et af de krav som kan have indflydelse på bygningens udformning, er antal vinduer eller størrelsen af dem i facaderne. Myndighederne stiller krav til tilstrækkeligt dagslys i nogle rum i nye bygninger, derfor bør vinduer i disse rum dimensioneres således at dette krav overholdes. På tegnestuen på nuværende tidpunkt opmåles vinduer manuelt i Revit, hvorefter udarbejdes en beregning for at sikre overholdelse af kravet. Derfor ønskes en del eller fuldautomatisering af denne proces, hvor Revit modellen kan udarbejdes hurtigere samt smartere.

En af de interviewede udtaler:

"En automatisering eller optimering af de nævnte problematikker, vil resultere i en stor tidsbesparelse i designprocessen på tegnestuen."

Efter en problematisering til det første møde på tegnestuen, vil det indsamlede data struktureres samt analyseres gennem de tidligere beskrevet CDs faser i afsnit 2.1.

3.2 DATABEHANDLING

Til det indledende møde på tegnestuen, blev en række af ønsker til optimering af designprocessen drøftet. De interviewede lagde meget fokus på sekvenser, hvor manuelt arbejde udføres i designprocessen. For at få et indblik i det nuværende system på tegnestuen, observeres dette samt dokumenteres handlinger designprocessen består af. Det indsamlede data anvendes senere til udarbejdelse af to tidligere nævnte konceptuelle modeller i afsnit 2.1.1. Som en opsummering af det første møde, opremses herunder problematikker til undersøgelsen, samt en beskrivelse af disse.

Sheets:

I modelleringsværktøjet Revit, udskrivning af tegninger skal udføres vha. Sheets. Da her angives det ønskede størrelsesforhold, samt papirformat på tegningen inden udskrivning. I Revit kan Sheets kun oprettes enkeltvis, hvor ved oprettelsen vælges et tegningshoved, derefter kan disse navngives samt nummereres. På et Sheet kan tilføjes et eller flere views, samt en signaturforklaring i form a legends eller tekstbokse. Dermed får brugere en række af muligheder, til opsætning af tegninger inden de skal udskrives. Dog mangles stadig en mere optimerede metode til oprettelse af sheets, da projekter ofte indeholder mange tegninger som skal udskrives.

Revit Schedules:

I 3D modelleringsapplikationen Revit, får man mulighed for at oprette skemaer/liste over eksempelvis rum, tegninger, bygningsobjekter osv. Disse hjælper brugeren med at få overblik over 3D modellens indhold, eksempelvis de anvendte objekter. Derfor Revit Schedules også anvendes ved mængdeudtræk, hvor en liste over eksempelvis døre eller vinduer anvendt i modellen kan oprettes. Således kan andre mængder som antal kvadratmeter gulv eller vægge trækkes ud af modellen, når der skal afhentes tilbud eller udarbejde udbudsmateriale.

Lysindfaldsberegning:

Et af de krav bygningsreglementet stiller til nye byggerier er, tilstrækkeligt dagslyd i arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler og spiserum. Dette krav overholdes ved at glasarealet udgør 10% af relevante gulvareal i rummet. I 2018 version af bygningsreglementet er dette krav beskrevet således i paragraf 379:

§ 379-381	Dagslys
§ 379	Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum, i det følgende benævnt arbejdsrum mv., samt beboelsesrum og køkken skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er tilstrækkeligt belyste.
	<i>Stk. 2.</i> Tilstrækkelig tilgang af dagslys kan dokumenteres ved, at glasarealet uden skyggende forhold svarer til mindst 10 pct. af det relevante gulvareal. Det angivne glasareal skal korrigeres for evt. skyggende omgivelser, reduceret lystransmittans mv., som angivet i Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens <i>Vejledning om lys og udsyn</i> . Alternativt kan tilstrækkeligt dagslys dokumenteres ved at eftervise, at den indvendige belysningsstyrke fra dagslys er 300 lux eller mere ved mindst halvdelen af det relevante gulvareal i mindst halvdelen af dagslystimerne. For beboelsesrum er det relevante gulvareal lig det indvendige gulvareal. For arbejdsrum mv. er det relevante gulvareal det areal, hvor der placeres arbejdspladser. Såfremt det kan dokumenteres, at rummene er tilstrækkeligt belyste, kan andre beregningsmetoder benyttes som dokumentation.

Figur 3.1 Uddrag af Bygningsreglement 2018

Til det indledende møde på tegnestuen, blev overholdelse af dette krav beskrevet som en langsommelig proces. Dette skyldes manuelt opmåling af glasareal på vinduestyper, hvorefter vinduer dimensioneres manuelt på baggrund af en beregning. På tegnestuen ofte projekteres større institutions bygninger, dermed udarbejdes modeller med rigtig mange vinduer i mange rum. Der vil forsøges en automatisering af denne proces, da dette vil resultere stor tidsbesparelse på mange projekter.

Et projektforløb på tegnestuen:

Projekter på tegnestuen udføres oftest i fællesskab, dvs. de ansatte på tegnestuen påtager sig forskellige roller i et projekt dermed arbejdes på kryds og tværs. Nedståede Figur 3.2 skal give både forfatteren og læseren et indblik i den overordnede designproces, samt en slags supplement for de konceptuelle modeller som kigges på i det næste afsnit 3.3.



Figur 3.2 Et typisk projektforløb på tegnestuen



På den ovenstående Figur 3.2 vises hvilke opgaver de forskellige roller påtager sig, samt hvordan et typisk projektforløb ser ud hos den pågældende tegnestue. De tidligere nævnte problematikker i afsnit 3.1, vedrører de områder som er markeret med en rød cirkel, derfor vil der fokusere på de områder når designprocessen observeres på tegnestuen. I det næste afsnit 3.3 kigges der mere dybdegående på processen, hvor de forskellige roller samt handlinger beskrives mere specifikt.

3.3 PROCES

Efter observering af designprocessen på tegnestuen, på baggrund af det indsamlede data blev der udarbejdet to konceptuelle modeller. Disse modeller som er præsenteres i rapporten, er resultat af konsolideringsfasen i Contextual Design metoden. Dette skal sikre undersøgelsen, valide samt korrekt fortolkning af det indsamlede data.

3.3.1 KOMMUNIKATION OG SAMARBEJDE

Nedståede Figur 3.3 illustrerer tegnestuens designproces, gennem en workflowmodel. Denne model har til formål at illustrere de involverede roller, kommunikation samt dataudveksling i mellem disse gennem processen. Da i undersøgelsen arbejdes med designproces optimering, vurderes modellen relevant for rapporten. For undersøgelsen har de involverede parter i processen ikke den stor interesse, men artefakter der udveksles mellem dem, samt digitale værktøjer der anvendes i processen.



Figur 3.3 Workflow model af en designproces hos VIVA Arkitekter

Aktører

De involverede parter i et projekt varierer, afhængig af projektet, så i modellen tages der udgangspunkt i hvordan et typisk projekt på tegnestuen ser ud.

Bygherre ⇔ Ofte en privat kunde med ønske om at bygge eller renovere.

Rådgiver ⇔ En eller flere arkitekter på tegnestuen, hvor hver især kan rådgive på forskellige områder, eksempelvis bygningens udformning, materialer, lovgivning osv.

Ingeniør \Leftrightarrow Beregning af de bærende konstruktioner, eller energiforbruget.

Tilbudsgiver ⇔ Denne kan være forskellige entrepriser, hvor der indhentes tilbud til materiale eller udførelsen af projekter.

Artefakter

I modellen artefakter præsenterer både digitale værktøjer samt dokumenter, som anvendes samt udveksles mellem aktørerne gennem projektforløbet.

Autodesk Revit[®] ⇔ 3D modelleringsværktøj der anvendes som det primært modelleringsværktøj på tegnestuen.

3DS Max[®]⇔ Dette er også et 3D modelleringsværktøj, dog på tegnestuen anvendes det primært til fotorealistiske renderinger til visualisering af bygningsmodellen for kunden.

Kontrahering \Leftrightarrow En juridisk bindende aftale som beskriver opgaven, samt rådgiverens honorar.

Krav ⇔ Som bygherre har man ønsker/krav til opgaven, derfor udarbejdes et byggeprogram som beskriver alle disse punkter som rådgiveren arbejder ud fra.

Tegninger ⇔ Disse består typisk af en række af tegninger, som beskriver bygningens funktionalitet, omfang samt udformning. Tegninger sendes ud af hus i flere formater, afhængig af hvilke aktør ønsker hvilket format.

Kommunikation

Som regel er der flere aktører involveret gennem et projektforløb. For undersøgelsen er relationen mellem aktører ikke interessant, men artefakter der udveksles imellem. Da modellen illustrerer begge er denne velegnet til dette formål. Derfor fokuseres her på hvem modtager hvad.

Bygherrer modtager tegninger i form af pdf, hvor til møderne anvendes tegninger i papirformat.

Ingeniører efterspørger ofte tegninger i form af DWG filer, hvilke genereres i Revit ud fra de eksisterende sheets. Dette skyldes at der stadig anvendes AutoCAD hos de ingeniørvirksomheder der samarbejdes med.

Tilbudsgivere modtager som regel tegninger i form af pdf, dog med undtagelser hvor 3D modellen er ønsket til mængdeudtrak, for mere præcis prisberegning.

3.3.2 PROCESS BREAK DOWN

For optimering af systemer eller arbejdsprocesser, kræves der overblik over handlinger processen indebærer. I forsøg på optimering af en proces kan en eller flere handlinger ændres ellers fjernes, så længe det endelig produkt forbliver det samme. Med **Sekvensmodel** kan hele eller dele af en proces beskrives i sekvenser, derfor kan der lægges fokus på den del af processen som ønskes optimeret. Modellens formål er at illustrere handlinger processen kræver for at blive udført, således kan evt. flaskehals i processen udpeges.

Som tidligere nævnt i afsnit 0, detaljeringsniveau af modellen er afhængig af brugerens behov. I rapporten er der valgt at udarbejde modellen (Figur 3.4) i et detaljeringsniveau, hvor modellen illustrerer processen fra modellering igangsættes til projektering afsluttes. Grunden til valg af dette detaljeringsniveau, skyldes at dette dækker over fokusområdet i processen.

På Figur 3.4 er designprocessen delt op i to faser, hvor den første del udgør skitsefasen og den anden projektering. På tegnestuen starter designprocessen typisk med skitsering af ideer på papir, da metoden ses at være hurtigt samt effektivt. Inden 3D modellering igangsættes, fastsættes bygningens geometri, orientering samt placering på grunden. Når skitserne er gennemgået med bygherren til et møde, en godkendelse evt. ønske til ændringer vil forekomme, hvorefter 3D modellering påbegyndes.

Den tidligere nævnte problematik i afsnit 3.2, vedrørende manuel opmåling af glasarealler udføres i dette stade. Da dimensionering af vinduer udarbejdes i *views tegnes* sekvensen, denne proces er derfor ikke tildelt en separat sekvens. Dermed en optimering af denne proces, vil være en del af modelleringssekvensen.

I skitsefasen vil modellen have et lavt detaljeringsniveau, da denne kun anvendes til visualisering samt myndighedes godkendelse. I denne fase oprettes de første views samt sheets, for at udskrive tegningerne til både pdf og papirform. Da ikke alle bygherre ønsker fotorealistiske renderinger, udarbejdes disse efter aftale. Dog påvirker denne ikke designprocessens tidsforbrug drastisk, da renderinger ikke udføres på samme maskiner som modelleres. Således kan der arbejdes videre på modellen, mens renderinger gennemføres. Med en byggetilladelse i hus, kan projekteringsfasen igangsættes. I denne fase vil tegninger udarbejdes med højere detaljeringniveau, samt flere tegninger som beskriver bygningens konstruktionsopbygning.

Som vises på Figur 3.4 modellen, inden tegninger sendes ud af hus, udføres kvalitetssikring af dem. Dette skal sikre en høj kvalitet af materialet, samtidigt tidskrævende da der vil være flere udskrivning af tegninger.

Som en kort opsummering af modellen, kan der med sikkerhed siges at udskrivning af tegninger finder sted flere gange i designprocessen. Derfor som tidligere nævnt i afsnit 3.1 er der brug for en ny metode til generering af sheets samt pdf-filer, da de hos tegnestuen synes dette er en tidskrævende proces. I næste kapitel (Kap. 4) kigges der på mulige løsninger, samt hvilke der er velegnet til tegnestuens behov.



Figur 3.4 Sekvensmodel af designproces hos VIVA Arkitekter

3.4 VISION

Gennem de forrige faser i CD metoden er der skabt overblik over designprocessen, samt sekvenser de tidligere nævnte problematikker berører. Dermed kan der allerede i denne fase vha. den opnåede viden, skabes en vision for hvilke krav der stilles til en fremtidig løsning.

Som en kort opsummering af problematikken hos tegnestuen, kan der nævnes at der ønskes mindre manuelle arbejde, som kan resultere bedre flow i processen. Således vil en ny designproces være mindre tidkrævende, hvor de på tegnestuen kan være mere konkurrencedygtig på markedet.

Den ny arbejdsproces skal ikke kræve nye færdigheder, da dette vil resultere et tilbagefald til de gamle rutiner eller workarounds. Derfor skal den ny løsning enten fjerne nogle de tidskrævende sekvenser i processen, eller automatisere dem således at de udføres på en simpel måde. Da udfaldet af handlingerne ikke ønskes ændret, skal den optimerede sekvens udføre den samme opgave, hurtigere samt smartere.

Hvis nye værktøjer implementeres i processen, skal disse have en høj interoperabilitet med de eksisterende værktøjer. For de eksisterende værktøjer ikke ønskes erstattet med andre, da dette oftest kræver nye færdigheder.

På baggrund af de nævnte forudsætninger til en løsning, skal der i det næste kapitel kigges på mulige løsninger som senere afprøves. Dermed vil den mest velegnet løsning til processen, resultere en ny optimerede arbejdsproces som senere kan implementeres på tegnestuen.

3.5 ENDELIG PROBLEMFORMULERING

Hvordan kan nye teknologiske løsninger skabe værdi for mindre tegnestuer, når de nødvendige ressourcer ikke er til stede?

- Hvilke dele af en designproces kan automatiseres vha. værktøjer som Dynamo?
- Kan mindre tegnestuer få gavn af parametrisk design modellering?

3.6 AFGRÆNSNING

Rapporten tager udgangspunkt i designprocessen hos det pågældende tegnestuen, samt de tidligere nævnte problematikker i afsnit 3.1. Derfor vil undersøgelsen begrænses til tegnestuens behov, samt en metode som skaber værdi for den pågældende designproces.

Tidligere i rapporten blev der nævnt at Revit er det mest anvendte modelleringsværktøj, derfor kigges der på Dynamo som det primær parametrisk design værktøj til en løsning. Dog vil dette ikke begrænse undersøgelsens søgen efter andre lignede populære værktøjer.

Som tidligere nævnt i afsnit 3.2, vil der kun fokuseres på få udvalgte dele af designprocessen. Nedstående Figur 3.5 viser de 3 områder som undersøgelsen vi lægge fokus på, da de tidligere nævnte problematikker berør disse områder.



Figur 3.5 Illustration af fokusområder for undersøgelsen

Kap. 4 TEKNOLOGISKE LØSNINGER

I dette kapitel kigges der nærmere på parametrisk design, for at forstå metoden samt dens principper. Derefter kigges der på værktøjer som er tilgængelig i byggebranchen, der har til formål at anvende parametrisk design metoden. Herefter fokuseres der på værktøjernes funktionalitet samt brugeroverflade, for en senere sammenligning med Dynamo. Som tidligere nævnt i afsnit 1.1, er det et oplagt valg at fokusere på Dynamo, da denne allerede er en del af Revit. Dermed vil dette ikke medbringe ekstra omkostninger for licens, ved anvendelse på tegnestuen. Da Dynamo er en del af Autodesks økosystem, forventes der en høj interoperabilitet med deres eksisterende CAD applikationer. Dog skal denne undersøges nærmere, samt andre værktøjers evne til samarbejde med andre CAD værktøjer som anvendes i byggebranchen.

4.1 PARAMETRISK DESIGN

Ifølge Ipek Dino er parametrisk design er en underkategori til algoritmisk design, da denne er baseret på algoritmisk opbygning. Han mener ikke at matematisk beregningsmæssigt der er forskel på algoritmisk eller parametrisk systemer, da algoritmer som udgangspunkt opererer fra parametre, og en parametrisk systems grundlæggende komponent er algoritmen (Dino 2012).

Dette skyldes også at parametrisk design ofte kaldes også for Computational Design, eller Algorithmic Design.

Ipek Dino beskriver parametrisk systemer som følgende:

"Parametric systems are principally based on algorithmic principles. Therefore, it is necessary to first argue the role or algorithms and algorithmic thinking in design, to be able to discuss further parametric systems." (Dino 2012)

Oxford Dictionaries definerer algorithm og computational således:

Algorithm:

"A process or set of rules to be followed in calculations or other problem-solving operations, especially by a computer." (Oxford Dictionaries 2017)

Computational:

"Relating to the process of mathematical calculation." (Oxford Dictionaries 2017)

Udtrykket parametrisk stammer fra den matematiske verden, men spørgsmålet er om hvornår ordet blev brugt hos arkitekter for første gang. Parametrisk design metoden har været brugt i flere årtier, hvor udtrykket ses at være brugt af en Italiensk arkitekt Luigi Moretti tilbage i 1940'erne (Bucci and Mulazzani 2000). Moretti brugte design af et stadion som eksempel, for at illustrerer hvordan udformning af dette kunne genereres ud fra nitten parametre, vedrørende tilskuers udsyn, samt økonomiske aspekter for beton. Han beskrev parametrisk arkitektur som et studie af arkitektoniske systemer med formålet af:

"Defining the relationships between the dimensions depend upon the various parameter" (Moretti 1971)

Til forskel for den før nævnte modelleringsmetode, BIM² objekt baserede modelleringsværktøjer er andre form for parametrisk modellering systemer, da disse har egne prædefinerede objekt klasser. Hvor objekter er tilgængeligt for brugere til anvendelse i modellen, eksempelvis vægge, døre, vinduer, tage og gulve. Parametrisk modellering sker ved at når en væg flyttes, andre objekter i denne som et vindue flyttes med automatisk, da disse er forbundet gennem prædefinerede parametre (Eastman et al. 2011).

4.2 CAD SCRIPTING

CAD scripting er ikke nyt fænomen i arkitektverdenen, da AutoCAD udviklere allerede gør dette muligt i den første version af applikationen i 1982. Dette skyldes at Autodesk ville give brugere mulighed for at udvikle egen værktøjer, da behovet varierer hos brugere afhængig af anvendelsesområde. Dermed havde brugere ikke behov for at bede Autodesk, om at opdatere applikationen med nye værktøjer (Davis 2013).

Scripting sprog er programmeringssprog som muliggør kontrol indenfor et program. Scripting skal ikke forveksles med programmering, da de to adskiller sig ved at programmering er kodning for udvikling af nyt program, hvor script er en kode som afvikles i et eksisterende program. Der findes en række af scripting sprog, hvor de kan bestå af forskellige syntax og struktur, afhængig af det program de er udviklet til. Som eksempel af CAD scripting sprog kan her nævnes, Rihnoceros Rihno Scipt, Mayas MEL og 3DMaxs MaxScript (Celani and Vaz 2012).

² Bygnings informations modellering

4.3 VISUAL PROGRAMMING LANGUAGE (VPL)

Når programmører vil forklar hvad et program skal gøre, oftest bruger de en tavl hvor de grafisk beskriver programmets funktioner med bokse og pile. Da denne præsentationsmetode virker overbevisende, hvorfor bruge ikke metoden som en programmerings fremgangsmåde (Dehouck 2015).

VPL også kendt som diagrammatisk programmering, er en grafisk baseret programmeringsmetode, hvor



Figur 4.1 Programmør illustrerer et programs funktionalitet

brugere får mulighed for at sammensætte, flytte og organisere elementer af et program grafisk, frem for tekst baseret kodning (Celani and Vaz 2012).

Herunder på Figur 4.2 og Figur 4.3, illustreres forskel på VPL samt tekst baseret programmering. (inspiration til eksemplet stammer fra The Dynamo Primer³.)



Visuel programmering:

Figur 4.2 Script/graph udarbejdet i Dynamo

Program i form a tekst:

³ Læs mere om The Dynamo Primer i afsnit 4.4.2

```
myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

Figur 4.3 Udklip fra The Dynamo Primer

Der findes flere typer af visuel programmering, hvor den mest anvendte type for professionelle modellerings applikationer kaldes for Dataflow Programming (se Figur 4.2). Denne type anvender blokke og tråde, hvor blokkene præsenterer programmets funktioner, og tråde til at linke funktionerne sammen til de respektive input/output. Når der sammenkobles fra en bloks output til anden bloks input, defineres udførelsen af programmets dataflow gennem funktionerne. Denne type visuel programmering er ret simpel, da koden blokkene præsenterer er allerede er skrevet af udvikleren. Dermed brugeren vælger blot hvilke blokke sammenkobles, for at skabe det ønskede data flow i programmet. Til trods for metodens simpelhed, kræves der af brugere at have kendskab til programmeringsbegreber samt struktur. (Dehouck 2015)

I applikationer som Dynamo eller Grasshopper, er scripting i form af tekst stadig en mulighed. Således får brugere med scripting færdigheder, mulighed for at udvikle egene elementer hvis ikke de allerede eksisterer i applikationen.

4.4 DIGITALE VÆRKTØJER

Som tidligere nævnt i afsnit 1.1, Autodesk Revit og AutoCAD er de mest anvendte CAD applikationer i Denmark (se Figur 1.1). Begge disse applikationer er baseret på parametrisk modellerings principper, dog ikke alle brugere er bevidste om dette, da de parametriske ligninger samt beregninger sker bag applikationens brugeroverflade.

Den første version af AutoCAD blev udgivet i august 1982, og Revit senere i 2000 (Weisberg 2008). Revit blev udviklet med formål at tilbyde arkitekter et nyt objekt baserede modelleringsværktøj. Revit Technology Corporation (RTC) stod bag udgivelsen af Revit, hvilken blev stiftede af nogle tidligere udviklere fra Parametric Technology Corporation (PTC).

Disse var nemlig udviklere bag Pro/Engineering applikationen, som var den første til at anvende parametrisk modellering. Pro/Engineering blev udgivet første gang tilbage i 1988 af PTC (Davis 2013).

Parametrisk modellering i Revit forgår således at, en 3D model oprettes vha. 3D objekter, hvor manipulering af objekters geometri kan ske ved ændring af tilhørende parametre værdi. Disse parametre kan eksempelvis være højde, bredde eller tykkelse på en væg.

4.4.1 GRASSHOPPER

Den første version af Grasshopper (GH) blev udgivet tilbage i 2007, under navnet Explicit History (EH). EH blev udviklet af David Rutten som plug-in til Rhinoceros⁴, ofte kaldet Rhino, hvor den senere fik navnet GH og version 1.0 blev integreret i Rhino 6 (Rutten 2013).

GH er en visuel programmeringsplatform, til udarbejdelse af parametrisk design i Rhino. Rhino er et populært modelleringsværktøj, da dette anvender NURBS⁵ modellering. Dermed velegner sig til friform skitsering, samt dets brugervenlighed er dette nemt at lære at arbejde med. Rhino skaber en høj interoperabilitet med andre applikationer, med dataudvekslings mulighed op til tredive dataformater (Hermund 2011).

Scripting i GH udføres ved dataflow programmering, hvor brugere uden programmeringsfærdigheder kan udarbejde et script vha. blokke og tråde. Scriptet i GH eksekveres fra venstre til højre, således skabes geometri i Rhino.

På trods af værktøjets enkelthed, kan et script blive overskuelig når større modeller udearbejdes i GH. Grunden til overskuelighed af scriptet skyldes, de mange blokke samt forbindelser imellem, dermed vanskeligøres indførelse af ændringer i modellen.

⁴ Rhinoceros er en 3D computer grafik samt CAD modellering applikation, udgivet af Rhinoceros, udviklet af Robert McNeel og associerede. https://www.rhino3d.com

⁵ Non-uniform rational B-spline er en udbredt matematisk model, anvendes i computer grafik for generering samt illustrering af kurve og overflader.



På Figur 4.4 vises et GH script Davis bruger i sin Ph.D. for at illustrerer uoverskuelighed af et komplekst script. Davis beskriver ændring af geometri i scriptet som en gætteleg. (Davis 2013)

Figur 4.4 Grasshopper script illustrerer uoverskuelighed af et komplekst script (Davis 2013)

4.4.2 **Dynamo**

Dynamo er et open-source⁶ parametrisk design platform, udviklet af Ian Keough, Matt Jezyk og Zach Kron med formål at implementere Computational Design i Revit. Til et interview forklarer Ian Keough hvorfor han begyndte at udvikle Dynamo, grunden var konstant overflytning af data mellem Rhino og Revit. Dynamo var en add-in til Revit da de første versioner blev udgivet tilbage i 2011, tre år senere integreret Autodesk denne i Revit 2014. (Kron 2014). Udover Revit kan Dynamo anvendes med Autodesk Vasari⁷, eller som en stand-alone applikation kaldt Dynamo Studio.



Figur 4.5 Dynamo Studio brugeroverflade

⁶ Begrebet open-source betyder åben kildekode. Dvs. brugere har adgang til programmets kildekode, dermed kan applikation forbedres i fællesskab.

⁷ Autodesk Vasari er en modellering samt analyse applikation. Ifølge Autodesk Vasaris hjemmeside bliver denne lukket ned for pr. 31. maj 2018, da dennes funktioner allerede findes i Revit, FormIt og Dynamo. https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/software/vasari

Dynamo er en visuel programmerings platform, som både arkitekter og ingeniører kan benytte sig af for design eller modellering. Med en lang række af funktioner og værktøjer, til modellering vha. algoritmer, lægger Dynamo bl.a. stor fokus på bygnings informations modellering (BIM). Derfor er Dynamo i stand til at aflæse informationer fra en 3D model udarbejdet i Revit, samt behandle, strukturer, manipulere og tilbageføre disse. Hermed gør Dynamo det muligt at eksportere eller importere, informationer til og fra en Excel regneark.

Som kan ses på Figur 4.5, anvendes det tidligere nævnte dataflow type til visuel programmering i Dynamo, hvor et script udarbejdes vha. bokse og tråde (se afsnit 4.3). Det udarbejdet script i Dynamo, kan kun eksporteres til en stl⁸ filformat på nuværende tidspunkt. Dynamo Studio indeholder en cloud tjeneste *Send to web* hvor et script kan uploades til, hvorefter modellen kan ses i en web-browser eller deles med andre vha. en URL-adresse. Som vises på Figur 4.6, får brugere mulighed for at se samt ændre eller manipulere med modellens geometri, i en webbrowser.



Figur 4.6 Dynamos cloud baseret model viewer i webbrowser

⁸ Standard Triangle Language eller Standard Tessellation Language.

Ved betragtning af funktionen Dynamo Packages i modelleringsværktøjet, er Dynamos kort beskrivelse af applikationen meget korrekt. Dynamo beskriver applikationen som et fællesskabs drivet visuelt programmeringsværktøj (Dynamopackages 2018).

En Dynamo Package er en node som en bruger har udviklet samt uploadet til en cloud baseret database, hvor andre brugere ved hjælpe denne funktion kan hente samt anvende i egen graph. Packages består oftest af flere nodes samt custom nodes, hvor en udvikler ved scripting i tekstform udvikler nye løsninger. Eksempelvis er Dynamo ikke i stand til at læse *instance* parameter fra et objekt i Revit, men ved at hente en package kan Dynamo udføre denne.

I dag er der 1260 packages uploaded i databasen, tilgængeligt for alle brugere.



Figur 4.7 Screendump af Dynamopackages.com

Til nye brugere både med eller uden programmerings færdigheder, tilbyder Dynamo flere tjenester der skal hjælpe disse, nemmere at få kendskab til værktøjets dataflow programmering.

Disse beskrives kort herunder:

The Dynamo Primer⁹:

Dynamo Primer er en dybdegående guide til Dynamo, udarbejdet af Autodesk i samarbejde med ModeLab (The Dynamo Primer 2017). Guiden er opdelt i flere kategorier, hvor gennem disse applikationens alle værktøjer samt funktionalitet beskrives. Som indledning definerer guiden visuel programmering, en beskrivelse af Dynamo, samt hordan denne kan hentes og installeres. The Dynamo Primer beskriver Dynamo således:

"A visual programming tool that aims to be accessible to both non-programmers and programmers alike. It gives users the ability to visually script behavior, define custom pieces of logic, and script using various textual programming languages" (The Dynamo Primer 2017)

Dynamo Community¹⁰:

Dynamo¹¹ beskriver applikationen som, en fællesskabs drivet open source grafisk programmeringsplatform for designere. Dette skyldes bl.a. den store interesse fra brugere, for deltagelse i fælleskabet med formål at udvikle samt forbedre Dynamo.

Dynamo Community er et forum hvor brugere i fælleskab, løser opståede udfordringer i Dynamo, samt deler erfaringer. Dermed er der meget viden at hente på siden, blot ved at søge på et emne, eller oprette ny topics hvor der altid er eksperter klar på siden til at hjælpe andre brugere.

⁹ http://dynamoprimer.com/en/

¹⁰ https://forum.dynamobim.com

¹¹ http://dynamobim.org

Dynamo Dictionary¹²:

Dynamo Dictionary er en søgbar database, hvor Dynamo brugere kan få en kort beskrivelse af noder samt deres funktion. Formål med tjenesten er at hjælpe brugere, bedre at forstå nodernes funktionalitet samt anvendelsesmetode. Da Dynamo Dictionary er en open source database, er denne konstant under udvikling i samarbejde med brugere. Dermed bidrager brugere med rettelser eller tilføjelser ved at anmode på Github Pulls, herefter udviklerne bag databasen vil godkende samt implementere disse efterspurgte tilføjelser.

Som eksempel på Figur 4.8 vises en beskrivelse af *AllFalse* node.

📷 AllFalse		
Dynamo Hierarchy : Root, BuiltIn, Action		
Description: Checks if all elements in the specified list a		
Inputs: list: var[][]		
Outputs: Type: bool		
In Depth:		Z
Example File:		
AllFalse		₹ 🛛
	Alfahe	With X X False
Allows Hor - No Hor -	Afridae Madol 101 D 1000 101 D 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 10	week 2 2 true
Bolown There States and the state of the sta		Viela A A
- Aread		I Second

Figur 4.8 Eksempel fra Dynamo Dictionary

4.4.3 AUTODESK FORMIT

Autodesk FormIt er et konceptuelt modelleringsværktøj udgivet 2012, med formål at muliggør skitsering nem og hurtigt samt tilgængeligt over alt (Vollaro 2012). Derfor kan FormIt hentes til flere platforme, som add-in til Revit eller stand-alone applikation til windows, web baseret applikation som kører i en browser samt en tablet app til både iOS og Android.

FormIt er tilgængeligt gratis for alle, men Pro versionen indeholder en række af værktøjer for de mere avancerede brugere. Eksempelvis kan der modelleres med andre i samme projekt i realtime, eller udarbejde energi samt lys analyse. Men et af disse værktøjer er grunden til FormIt er medtaget i rapporten, interoperabilitet med Dynamo Studio.

FormIt Pro med et tab muliggør import af model udarbejdet i Dynamo Studio, dog kræver dette tidligere nævnte (se afsnit 4.4.2) *Send to Web* eksport metode. Således kan alle modeller

¹² http://dictionary.dynamobim.com/#/

eksporteret til cloud, importeres i nye eller eksisterende FormIt projekter. Som vist på Figur 4.9 kan modellens geometri manipuleres, ved ændring af dennes parametre værdi. Denne feature er opbygget med samme principper som tidligere vist på Figur 4.6, dog i FormIt kan en Dynamo model tilføjes til et eksisterende projekt, hvor denne kan tilpasses til behovet. Eksempelvis en curtain wall modelleret i Dynamo kan importeres i FormIt, hvor dennes opdeling samt dimensioner kan tilpasses modellen.



Figur 4.9 FormIt brugeroverflade med importeret Dynamo model

En af fordelene ved denne funktion er, at en arkitekt samtidigt med præsentation af et design kan fortage ændringer i modellens geometri. Dermed flere design kan illustreres for kunden, hvor håndskitser eller tegninger i papirform, vanskeliggør illustration af et alternative design. Ved denne metode for præsentation kan fordele samt ulemper, ved flere designforslag straks drøftes.

Til nye brugere har Autodesk udarbejdet en online guide, FormIt Primer¹³, hvor denne går igennem applikationens alle funktioner, beskriver disse samt en kort video til en række af værktøjerne.

¹³ https://windows.help.formit.autodesk.com/

4.4.4 PROJECT FRACTAL

Autodesk Project Fractal er et Generative Design værktøj, udviklet af Project Fractal Team hos Autodesk. Project Fractal Team begyndte udvikling af værktøjet november 2015, og blev udgivet juli 2016 i form a public alpha for test (Hauck 2017).

Project Fractal er et cloud baserede værktøj, til generering af flere forslag til et design udarbejdet i Dynamo Studio. Dette udføres ved at benytte sig af *Send to Web* funktionen i Dynamo Studio, hvor en graph uploades til cloud, derefter kan modellen åbnes i Project Fractals hjemmeside.

Project Fractal benytter sig af de oprettede parametre i modellen, dermed ved at skabe flere mulige kombinationer af disse parametre genereres forslagene. Dermed kan brugeren ved at sætte begrænsninger på nogle parametre, reducere antal forslag der oprettes. Dette kan eksempelvis være højden på en bygning, hvor værktøjet ikke generer modeller højere end det angivet værdi. Således kan brugere ved at udarbejde en model i Dynamo, på få minutter generere flere tusind variationer af denne, dermed udvælge et eller flere forslag på stedet.

Project Fractal har udarbejdet en guide, hvilke kan hentes i form af pdf¹⁴, hvor denne hjælper nye brugere med at oprette sig samt anvende værktøjet.

For afprøvning af Project Fractal, anvendes den tidligere uploadede Dynamo graph til cloud på Figur 4.6, hvor her værktøjet udarbejder flere forslag af modellen. Nedstående Figur 4.10 viser afprøvningen samt Project Fractals brugeroverflade, hvilket er et webbrower baserede værktøj, dermed kan dette anvendes på mange platforme.

 $^{^{14}\} http://inside the factory.type pad.com/files/getting-started-with-project-fractal---november-2016.pdf$

- 🕵 🚾 💌 !	About The Dynamo Primer	🗙 🌗 Dynamo BIM	× Project Fractal	× +	- 🗆 X
← → ♂ ☆	🛈 🔒 Autodesk, Inc. (US) https://www.fractal.live	/share/5aaa61252defb309d4bd2937	🛡 🏠 🔍 Søg	± ± © ₪ m 💩 🔹 🖲 €
Cirkler by: ashkan1985@gmall.com			Project Fractal	×	ଭ୍ ଦ୍ 🕂 ଦ୍ 🛓 🗭 🕫 🖼 🗭
Afstand til 0 punkt Afstand 0	metlem cirkler Antal cirkler	Point afctand Y 100 60 40 20	Point afstand X Geory 100 100 100 100 100 100 100 10	INPUT AFSTAND TILO PUNKT AFSTAND MELLEM CIRRLER 20 (e) ANTAL CIRRLER	© VARIATIONS
Design Options	Sort by creation time	~ †	Tear	POINT AFSTAND Y	26 26
			^	POINT AFSTAND X	
		· · · · ·	c ^{ccCC} .	GEON [10]	e ✓ 3 € ✓ Generate 27 designs
····	· · · ·	CICCO.	ccccc.		
e ^{eeee} .	cicco	cecce			
Creic.	Cecc.	Cree.	ccc		
		• •	•		Powered by Autodesk Dynamo Studio

Figur 4.10 Project Fractal brugeroverflade, samt afprøvnings graphen

4.4.5 NTI TOOLS

NTI Tools er en add-in til Autodesk produkter, udviklet samt udgivet af NTI. I begyndelsen af 1945 blev NTI stiftede i Denmark, der i dag tilbyder højteknologiske løsninger indenfor byggeri, design, industri og produktudvikling (NTI 2017).

NTI står bag en række af populære løsninger inden for byggebranchen, eksempelvis MDOC FM til drift og vedligehold og MDOC til digital dokumenthåndtering. NTI Tools kan hentes til Autodesk Revit, Inventor og Vault, hvor her fokuseres på denne add-in til Revit.

NTI Tools til Revit består af en lang række af værktøjer, men fokus på BIM modellering. Værktøjerne er ikke kun målrettet til arkitekter, men også til både konstruktion og HVAC ingeniører.

Som eksempel på nogle af de værktøjer kan her nævnes, BCF Collaboration, IFC Exporter, PDF publisher, Window tool, Wall direction og Parameter copy.

Disse har alle til formål at skabe et bedre flow i modelleringsprocessen, hvor der skabes ensartethed i data, samt kan disse håndteres enkelt og effektivt.

På nedstående Figur 4.11 vises NTI Tools værktøjssæt i Revit, hvor disse findes under egen tab i Revits Toolbar. De tilhørende værktøjer til en række af objekter vises også under andre tabs, når et objekt vælges i modellen. Dermed kan disse hurtig vælges samt anvendes, undervej når der modelleres i Revit.



Figur 4.11 NTI Tools add-in til Autodesk Revit

Kap. 5 **PROBLEMBEARBEJDNING**

Dette kapitel som et resultat af de forrige afsnit, fokuserer på at løse det tidligere nævnte problematikker i afsnit 3.2. I forbindelse med besvarelse af problemformuleringen, vil der gennem de udvalgte CD faser (se afsnit 2.1) udarbejdes en konceptuel løsning. Løsningen beskrives samt illustreres ved at anvende Storyboards, som tidligere blev valgt til denne fase af rapporten.

For at dokumentere effektiviteten af den ny optimeret arbejdsproces, afprøves løsningen på tegnestuen hvor imens tidsforbruget noteres. Tidtagning sker kun ved de optimerede sekvenser, hvor det eksisterende samt ny optimerede tidsforbrug sammenlignes. Således kan den opnåede tidsbesparelse dokumenteres, samt præsenteres for virksomheden som argument for implementering af en ny arbejdsproces.

I forbindelse med optimering af den nuværende arbejdsproces, udarbejdes en ny sekvensmodel som skal illustrere den ny arbejdsproces samt de optimerede sekvenser.

5.1 FORUDSÆTNINGER FOR OPTIMERING

På baggrund af den indsamlede viden i det forrige kapitel, udarbejdes flere konceptuelle løsninger som en optimering af den eksisterende designproces på det tidligere nævnte tegnestuen (se afsnit 1.2).

Tidligere i Visioning afsnittet (3.4) blev nogle idéer til løsningen beskrevet, som en relation til dette afsnit beskrives forudsætningerne til den konceptuelle løsning. For at løsningen kan dække over det opstået behov på tegnestuen, skal denne opfylde nogle krav.

En af disse krav til løsningen er at på tegnestuen ønskes ikke nye digitale værktøjer, med høje omkostninger samt nye kompetencer, hvor der kræves et kursus for anvendelse af disse. Derfor som tidligere nævnt (afsnit 1.1) er Dynamo det oplagte valg, da denne er gratis tilgængeligt for Revit brugere.

Men Dynamo kræver scriptings færdigheder, eller en vis forståelse for VPL begreber. Da graph udarbejdede i Dynamo kan gemmes og anvendes på fremtidige projekter, samt alle maskiner på tegnestuen kæver denne kun en kort guide til hvordan graphen eksekveres.

Dog kræver fremtidige ønsker til ændringer i graphen for tilføjelse af yderligere funktioner, at forfatteren eller en med kenskab til Dynamo opdaterer graphen.

Et andet værktøj som indgår i den konceptuel løsning for udskrivning af tegninger, kræver leje af licens¹⁵, hvor denne betragtes rentabelt, sammenlignet med det opnået tidsbesparelse ved anvendelse af dette. For at dokumentere hvor hurtigt penge for licensen tjenes hjem igen, i det næste afsnit sammenlignes tidforbruget for det eksisterende samt den ny metode for udskrivning af tegninger.

5.2 KONCEPTUELLE LØSNINGER

Til det indledende møde på tegnestuen blev der nævnt en række problematikker, vedrørende eksisterende designproces. Med henblik på optimering af designprocessen, samt implementering af løsninger hvor manuelt arbejde formindskes, på baggrund af tidligere undersøgelse (i Kap. 4) er flere forslag udarbejdet. Disse præsenteres i dette afsnit, hvor de senere afprøves på tegnestuen. Således indsamles erfaringer om effektivitet, samt brugere feedback til eventuelle forbedringer.



Figur 5.1 Illustration af løsningens værktøjer

¹⁵ http://nti.dk/nti-catalog/software/ntitools-revit-9d4d51b4/

Revit Schedules & Eksport til Excel

Oprettelse af et skema i Revit kan udføres på korttid, med da de ønskede parametre ikke allerede eksisterer i projektet, kan oprettelse af disse kræve lidt længere tid. Eksempelvis parametre for uværdi, brandmodstandsevne, luftlydsisolering, trinlydsniveau og klassificering. Disse kan tilhøre et eller flere objekter, som klassificering kan tilknyttes til mange komponenter, dermed oprettes en gang. Men hvis flere skemaer ønskes opsat med de tilhørende parametre, for hvert projekt kan dette proces fremstå tidskrævende, da skemaet samtidigt kræver en struktur for det bedste overblik.

Derfor er der nu udarbejdet en opdatering til tegnestuens eksisterende Revit Template, hvor disse skemaer er opsat med alle de nødvendige parametre. Dermed vil alle fremtidige projekter ved anvendelse af denne Template indeholde en række af skemaer der allerede er oprettet samt struktureret.

Nedstående Figur 5.2 viser skemaer i tegnestuens Revit Template, hvor indholdet i disse senere struktureres samt sorteres i afprøvningsafsnittet.

Tilhørende til disse skemaer er der oprettet en Dynamo graph, hvor vha. denne kan indholdet af skemaerne udtrækkes til et Excel ark. Dette skyldes tegnestuens behov for at udtrække samt ændre projekt data, hvorefter disse kan tilbageføres modellen. Således kan mængderne udtrækkes med få klik og sendes ud af hus, hvis behovet opstår.

Nedstående Figur 5.3 viser en graph til mængdeudtrak af informationer, af vinduer som er anvendt i Revit 3D modellen. Denne graph kræver blot få klik af brugeren, for at eksporter mængderne samt de ønskede tilhørende informationer.

Denne løsning kræver dog at brugeren opretter en Excel fil, hvor stien til denne angives i noden *file path* i graphen. Da denne er en simpel opgave, kræves der ikke nye kompetencer af brugeren, dermed forventes der ikke modstand ved forslag til implementering af denne løsning. Feedback fra brugeren ved afprøvning af løsningen beskrives i næste afsnit.



Figur 5.2 Skemaer oprettet i tegnestuens Revit Template

For mængdeudtrak af en 3D model udarbejdede i Revit, skal der i Dynamo defineres hvilke informationer der ønskes eksporteret. Dette udføres ved at angive navn på de parametre, besiddende af informationer der ønskes eksporteret. De parametre som er defineret i denne Dynamo graph på nuværende tidspunkt, er de allerede oprettede parametre i Revit Templaten som vises på Figur 5.2. Hvis tegnestuen i fremtiden tilføjer nye parametre til Templaten som ønskes eksporteret til en Excel ark, kan denne ske ved at tilføje nye nodes til graphen, eller bede forfatteren om at opdatere graphen.



Figur 5.3 Dynamo graph for mængdeudtrak til Excel (vinduer)

Revit Sheets

I Revit for at udskrive tegninger i form af pdf eller papir, skal der først oprettes sheets for de Views der ønskes udskrevet. Denne kan være en tidskrævende proces, da der oftest oprettes mange sheets per projekt, samt hver sheets oprettes manuelt ved at først angiv det fortrukket tegningshovet, hvorefter sheetet navngives samt nummereres.

Som en optimering af denne langsomlig proces, er der udarbejdet en konceptuel løsning, hvor flere sheets kan oprettes i Revit blot med få klik. Dog skal tegningerne stadig navngives samt nummereres, til forskel skal dette udføres i et Excel ark, hvilket kræver mindre tid.

På Figur 5.4 vises et udkast til en tegningsliste, som udfyldes inden oprettelse af sheets i Revit. Da listen allerede er oprettet, kan mange af navne samt numre genanvendes dermed kan en ny liste hurtigere udarbejdes, afhængig af antal sheets ønskes oprettet i Revit.

Som vises på Figur 5.4, tegningernes nummer angives i kolonne A og navn i kolonne B. Hvor her som eksempel oprettes 25 sheets i Revit, med 8 detaljetegninger samt 5 3D views. Udkastet er udarbejdet på baggrund af det gennemsnitlige antal tegninger, der udarbejdes på tegnestuen per projekt.

I det næste trin i løsningen anvendes dynamo, hvor vha. en graph oprettes sheets i Revit ud fra de angivet informationer i Excel arket.

	А	В
	Tegningslis	te for oprettelse af Sheets i Revit
1		
2	Nummer	Navn
3	1.001	SITUATIONSPLAN
4	1.002	STUEPLAN
5	1.003	1.SALSPLAN
6	1.004	KÆLDERPLAN
7	1.005	FUNDAMENTSPLAN
8	2.001	NORD FACADE
9	2.002	SYD FACADE
10	2.003	ØST FACADE
11	2.004	VEST FACADE
12	3.001	TVÆRSNIT A-A
13	3.002	LÆNGDESNIT B-B
14	4.001	BRANDPLAN
15	5.001	DETALIE 01
16	5.002	DETALIE 02
17	5.003	DETALIE 03
18	5.004	DETALIE 04
19	5.005	DETALIE 05
20	5.006	DETALIE 06
21	5.007	DETALIE 07
22	5.008	DETALIE 08
23	9.001	3D PERSPEKTIV SV
24	9.002	3D PERSPEKTIV SØ
25	9.003	3D PERSPEKTIV NV 01
26	9.004	3D PERSPEKTIV NV 02
27	9.005	3D PERSPEKTIV NV 03
28		
29		

Figur 5.4 Tegningsliste oprettet i Excel

Nedstående Figur 5.5 viser Dynamo graph til generering af sheets i Revit, hvor brugeren ikke har behov for at ændre nogle værdier for at udføre generering. Da Dynamo trækker informationer ud af en Excel ark i denne graph, er det nødvendigt at angive hvilken fil graphen skal arbejde med. Dermed vælges filen i den første node *file path*, hvor stien samt filen vælges blot ved at trykke på brows knappen. Dette udføres kun en gang, med mindre der ønskes en anden fil til denne opgave eller stien til filen er ændret.

Angivelse af stien til en Excel fil i graphen er en meget simpel opgave, dermed forventes der ikke nye kompetencer fra brugeren for at udføre denne. Som tidligere nævnt bliver disse afprøvet på tegnestuen hvor resultatet samt feedback vil forekomme i afprøvningsafsnittet.



Figur 5.5 Dynamo graph for oprettelse af Revit sheets fra en Excel ark



Figur 5.6 Dynamo graph for oprettelse af tegningsliste i Excel

Udskrivning af Revit Sheets

En af de problematikker der blev lagt meget vægt på til det indledende møde på tegnestuen, var udskrivning af tegninger. Da udskrivning af sheets med forskellige papirformater kun kan udføre enkeltvis, kan denne proces fremstå tidskrævende for projekter med mange tegninger. Som tidligere vist på sekvensmodellen (Figur 3.4), udskrives tegninger op til flere gange undervejs i en designproces. Dermed en optimering af denne sekvens, vil have en stor indflydelse i det overordnede tidsforbrug gennem processen.

På baggrund af den tidligere undersøgelse i det forrige kapitel (Kap. 4), anvendes NTI Tools ifm. automatisering af denne sekvens i designprocessen. NTI Tools er en Revit add-in med en lang række af værktøjer, som gør 3D modellering smartere samt hurtigere. Et af disse værktøjer er netop til udskrivning af sheets, hvor denne automatisk udarbejder en liste over alle sheets

oprettet i projektet. Dermed med få klik kan alle tegninger udskrives til pdf filer, eller i form af papir på få sekunder. Dette værktøj er i stand til at selv identificere papirformat på sheets, dermed udskrives hver sheet med i rigtige format. Således bliver udskrivning af tegninger i designprocessen, ikke længere en tidskrævende opgave.

Figur 5.7 viser en liste over alle sheets, som automatisk er genererede af NTI Tools. Brugeren har stadig mulighed for at udarbejde egne sheetlister, over de tegninger som ønskes udskrevet.

nfigura	tion: New Configurati							
ming:	[Sheet Number]	[Sheet Number] [Sheet Name].pdf						
ve in fo	older: C:\Users\Ashka	C:\Users\Ashkan\Dropbox\ AAU\4.Semester\07 Løsningen						
eet Set	<all sheets=""></all>	<all sheets=""></all>						
okod P				Croated by: aphkap1995				
cited by	y.			Created by: dankarrada				
nclude	Sheet Size	Sheet Number	Sheet Name	Paper Size				
	594 x 1050	1.001	SITUATIONSPLAN	NTI_594x1050				
\checkmark	594 x 840	1.002	STUEPLAN	A1				
\checkmark	594 x 840	1.003	1.SALSPLAN	A1				
\checkmark	594 x 840	1.004	KÆLDERPLAN	A1				
\checkmark	594 x 840	1.005	FUNDAMENTSPLAN	A1				
\checkmark	420 x 630	2.001	NORD FACADE	NTI_420x630				
\checkmark	420 x 630	2.002	SYD FACADE	NTI_420x630				
\checkmark	420 x 630	2.003	ØST FACADE	NTI_420x630				
\checkmark	420 x 630	2.004	VEST FACADE	NTI_420x630				
\checkmark	420 x 1050	3.001	TVÆRSNIT A-A	NTI_420x1050				
\checkmark	420 x 1050	3.002	LÆNGDESNIT B-B	NTI_420x1050				
\checkmark	594 x 1050	4.001	BRANDPLAN	NTI_594x1050				
\checkmark	390 x 470	5.001	DETALJE 01	A0				
\checkmark	390 x 470	5.002	DETALJE 02	AO				
\checkmark	390 x 470	5.003	DETALJE 03	AO				
\checkmark	594 x 1260	5.004	DETALJE 04	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	5.005	DETALJE 05	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	5.006	DETALJE 06	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	5.007	DETALJE 07	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	5.008	DETALJE 08	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	9.001	3D PERSPEKTIV SV	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	9.002	3D PERSPEKTIV SØ	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	9.003	3D PERSPEKTIV NV 01	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	9.004	3D PERSPEKTIV NV 02	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	9.005	3D PERSPEKTIV NV 03	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	9.006	Navn	NTI_594x1260				
\checkmark	594 x 1260	9.007	SITUATIONSPLAN	NTI_594x1260				
			Colored					

Figur 5.7 Liste af sheets oprettet af NTI Tools til udskrivning

Lysindfaldsberegning

En vigtig del af designprocessen i starten af forløbet, omhandler overholdelse af krav der stilles fra myndighederne. Et af de krav vedrører tilstrækkeligt dagslys i opholdsrum, som tidligere nævnt i afsnit 3.2, 10% af gulvareal skal udgøre glasareal. På tegnestuen udarbejdes denne ved manuelt op måling i Revit, derefter dimensioneres vinduer efter tilhørende beregninger.

Forudsætninger for optimering af denne proces, ved en fulautomatisering af beregninger samt dimensionering af vinduer, er tilstedeværelse af nedstående parametre:

- Family and type: Navn på objektet (vinduet)
- Glasareal denne skal tastes manuelt ind for hvert vindue da Revit ikke kan aflæse eller beregne dette ud fra andre parametre.
- Rough Width bredde på vinduet (hulmål)
- Rough Hight højde på vinduet (hulmål)
- Areal på Vinduet Rough Width x Rough Height
- From Room: Name dennee viser hvilket objekt tilhører hvilke rum
- From Room: Area viser arealet på tilhørende rum
- Glas % del af gulvareal værdien af denne er lige med vinduets areal / rum arealet x 100

For at eliminere manuelt indtastning af glasareal i den tilhørende parameter for hvert vindue, forsøges en beregning af arealet på vinduet på baggrund af højde og bredde parametre. Dette resulterer i et mindre præcis tal, da areallet af vinduesrammen samt fuger medregnes.

Efter en brainstorm inden udarbejdelse af en Dynamo graph, en række af udfordringer ved denne type teknologisk løsning blev belyst. Såsom hvis computeren skal dimensionere et større vindue for at opnå det angivet værdi (10% af gulv areal), skal der defineres om der ønskes større værdi i højde paramter eller bredde parameter. Derefter hvilke vinduer skal forstørres, da der oftest et rum indeholder flere vinduer. Disse udfordringer gør denne løsning vanskeligt at automatiserer, da disse vil resultere ændring af arkitektur. Dermed forsøges med en delautomatisering, hvor brugeren selv ændrer dimension af vinduer, på baggrund af automatiske beregninger.

Nedstående Figur 5.8 viser en Dynamo graph, for beregning af lysindfald i rum fra en test model udarbejdet i Revit. Men da kategorisering af rum med tilhørende vinduer samt de tidligere nævnte parametre allerede kan udarbejdes i Revit, ses Dynamo graphen for at være en ekstra arbejdsgang i processen. Dermed udarbejdes en løsning i Revit, uden brug af Dynamo.



Figur 5.8 Dynamo graph for udtræk af data for vinduer

Nedstående Figur 5.9 viser en Revit Schedule til beregning af lysindfald, hvor den sidste kolonne viser procentdel rummene består af vinduesareal. Listen er struktureret efter rumnummer, samt opdelt efter rum med tilhørende vinduer. Kolonne I er resultat af G/H*100, hvor denne løsning også afprøves som en del af det næste afsnit.

			<lysindfald ber<="" th=""><th>egning></th><th></th><th></th><th></th><th></th></lysindfald>	egning>				
Α	В	С	D	E	F	G	н	I
Etage	Rum Nr.	Rum Navn	Family Name	Højde	Bredde	VinduesAreal	Rum Areal	% af rumareal
02 Stue, terræn	01	STUE	Trefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412	2.92 m²	57.54 m²	5.080931
02 Stue, terræn	01	STUE	Trefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412	2.92 m²	57.54 m²	5.080931
02 Stue, terræn	01	STUE	Trefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412	2.92 m ²	57.54 m²	5.080931
01: 3	·				·	8.77 m ²	·	15.242792
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m ²	33.5 m²	4.385507
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	33.5 m²	4.385507
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	33.5 m²	4.385507
02: 3	·	·			·	4.41 m ²	<u>`</u>	13.15652
02 Stue, terræn	03	GANG	Firefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412	2.92 m²	20.49 m²	14.266339
03: 1	·				·	2.92 m²	<u>`</u>	14.266339
02 Stue, terræn	04	WC/BAD	Topstyret med Tværpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	17.4 m²	8.444536
02 Stue, terræn	04	WC/BAD	Topstyret med Tværpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	17.4 m²	8.444536
04: 2	·	~	·		- -	2.94 m ²	^	16.889073
02 Stue, terræn	05	Depot	Fast Karm: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m ²	9 m²	16.3216
05: 1	·	·		-^	- -	1.47 m ²	^	16.3216

Figur 5.9 Beregningsskema for lysindfald udarbejdet i Revit (lånt fra afprøvningsafsnittet)

5.3 AFPRØVNING

Efter præsentering af de konceptuelle løsninger i det forrige afsnit 5.2, afprøves disse på tegnestuen for indsamling af feedback samt dokumentering af effektivitet af disse. På tegnestuen introduceres de ligeledes for løsningerne, samt en guide til anvendelse af disse. Herefter får brugerne mulighed for selv anvende løsning, hvor ved observering indsamling af data om brugervenlighed af løsningerne. For dokumentering af effektivitet af løsningerne tages tid ved udførelse af opgaven, både med og uden de nye værktøjer. Differencen på tidsforbruget her danner grundlag for validitet af en optimering af designprocessen.

5.3.1 OPRETTELSE AF REVIT SHEETS

Reaktionen for løsningen var positivt på tegnestuen, da udfyldning af en tegningsliste i en Excel ark blev udarbejdede hurtigere end i Revit. For fremtidige projekter hvor en række af tegninger tildeles samme navn eller nummerering, kan dele af listen genanvendes dermed opnås en større tidsbesparelse.

Dynamo graphen på nuværende tidspunkt kategoriserer ikke sheets når de oprettes, derfor var der ønske om en opdatering af graphen. Men da i Revit flere sheets kan vælges samtidigt samt kategoriseres, er denne ikke en tidskrævende proces.

Efter brugeren afprøvede løsningen, bliver der taget tid på oprettelse af sheet i Revit både med og uden Dynamo graphen. For dette forsøg anvendes samme tegningsliste, for et mere præcist resultat. Sheets i Revit oprettes ved den hurtigste metode, hvor den første sheet oprettes med det ønskede tegningshoved og nummereres, derefter copy/pastes denne 24 gange, hvorefter de en efter en navngives og nummereres.

Tidsforbrug for udarbejdelse af Dynamo graph medtages ikke i forsøget, da denne udarbejdes kun en gang. Dette gælder også den udarbejdede tegningsliste i Excel, da denne kan anvendes som en skabelon for fremtidige projekter.

Tiderne ser således ud:

Uden Dynamo graph: 8 minutter og 39 sekunder Med Dynamo graph: 7 sekunder Tidsbesparelse: 8 minutter og 32 sekunder

5.3.2 UDSKRIVNING AF SHEETS

For dette forsøg anvendes den allerede oprettet tegningsliste som blev vist på Figur 5.4, hvor listen består af 25 tegninger med forskellige papirformater. For at dokumentere effektivitet af løsningen, måles denne ved sammenligning af tidsforbruget af den traditionelle metode samt ved anvendelse af NTI Tools.

Til forsøget angives forskellige papirformater til tegningerne, som projekter oftest består af på tegnestuen. Her anvendes også den hurtigste metode, hvor der oprettes lister over tegninger med samme papirformater, hvorefter listen udskrives i et format, eksempelvis A3.

Efter brugeren er introducerede for NTI Tools samt anvendelse af værktøjet, får brugeren mulighed for at afprøve funktionen inden tidtagning igangsættes.

Brugeren er meget positivt over hvor enkelt værktøjet er, samtidigt med andre funktioner værktøjet indeholder skaber interesser for denne add-in. Da denne løsning kræver betaling af licens for et år, ved dokumentering af den opnåede tidsbesparelse gøres rede for afkastet af den mindre investering.

Tidsforbruget for udskrivning af 25 sheets ser således ud:

Uden NTI Tools: 18 minutter og 24 sekunder

Med NTI Tools: 1 minut og 04 sekunder

(denne tid kan variere afhængig af computerens ydeevne)

Den opnåede tidsbesparelse i procent del: 94,2%

5.3.3 Lysindfaldsberegning

Til dette forsøg udarbejdes en simpel test model i Revit, med 4 rum samt vinduer hvor arealet af disse beregnes ift. arealet af rummene.

Da i beregningen indgår arealet af vinduesrammen samt eventuelle sprosser, gøres brugeren derfor opmærksom på værdien skal overstige med mindst 2-3%, afhængig af antal vinduer i rummet.

På tegnestuen var der ønske til en løsning med præcise værdier, til de tilfælde hvor behov for præcise beregninger opstår. Eksempelvis kan behov for en præcis beregning opstå i rum med kun en væg mod det fri, eller i rum hvor der ingen mulighed er for at tilføje flere eller større vinduer.

Derfor er der nu udarbejdet nyt skema med nyt parameter, hvor glasarealet indtastes for hvert vindue. Herefter udarbejder skemaet en beregning, ud fra værdien i dette parameter. Den første mindre præcise løsning er udarbejdet, for eliminering af manuel opmåling af glasarealer samt manuel indtastning af værdier. Dermed har brugeren nu mulighed for at anvende begge løsninger, for beregningen af lysindfald i rum. Brugerne havde en god forståelse for begge løsninger, samt hvorfor manuel opmåling og indtastning kræves for præcise beregninger.



Figur 5.10 Stueplan af test bygning anvendt for dette forsøg i Revit

På nedstående Figur 5.11 vises beregningsskemaet, for automatiseret beregning af vinduesareal. Skemaet er opdelt efter rumnavne og sorteret efter rumnummer, hvor den beregnede værdi for hvert vindue vises i kolonne I. Den samlede værdi for alle vinduer i det pågældende rum vises forneden af hver opdeling, eksempelvis i stuen vinduesareal udgør 15.2% af gulvarealet.

			<lysindfald ber<="" th=""><th>egning></th><th></th><th></th><th></th><th></th></lysindfald>	egning>				
Α	В	С	D	E	F	G	Н	I
Etage	Rum Nr.	Rum Navn	Family Name	Højde	Bredde	VinduesAreal	Rum Areal	% af rumareal
02 Stue, terræn	01	STUE	Trefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412	2.92 m ²	57.54 m ²	5.080931
02 Stue, terræn	01	STUE	Trefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412	2.92 m²	57.54 m²	5.080931
02 Stue, terræn	01	STUE	Trefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412	2.92 m²	57.54 m²	5.080931
01: 3	·	·			·	8.77 m ²	<u>`</u>	15.242792
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	33.5 m²	4.385507
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	33.5 m²	4.385507
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	33.5 m²	4.385507
02: 3	·	·			·	4.41 m ²	<u>`</u>	13.15652
02 Stue, terræn	03	GANG	Firefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412	2.92 m²	20.49 m ²	14.266339
03: 1	·	·			·	2.92 m²	^	14.266339
02 Stue, terræn	04	WC/BAD	Topstyret med Tværpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	17.4 m²	8.444536
02 Stue, terræn	04	WC/BAD	Topstyret med Tværpost: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m²	17.4 m²	8.444536
04: 2	·	·	<u>`</u>		·	2.94 m ²	^	16.889073
02 Stue, terræn	05	Depot	Fast Karm: 1212x1212 mm	1212	1212	1.47 m ²	9 m²	16.3216
05: 1			·	- ·	·	1.47 m²		16.3216

Figur 5.11 Skema for automatisk beregning af vinduesareal i Revit

Den anden løsning vises på Figur 5.12, hvor opsætning af skemaet er udarbejdet efter samme principper som Figur 5.11. Dette skema indeholder en ny parameter kaldt glasareal, hvor her indtastes den opmålte værdi for hvert vindue (for at fremskynde processen kan værdi for samme vindue, indtastes ved copy/paste funktionen med ctrl+c og ctrl+v på tastaturet). Som vises på Figur 5.12, er den præcise værdi for glasareal udgør 12,8% af gulvarealet i stuen.

<lysindfaldsberegning (man.)=""></lysindfaldsberegning>									
Α	В	С	D	E	F	G	Н	I	
Level	Rum Nr.	Rum Navn	Family Name	Højde Hul	Bredde	Glasareal	Rum Areal	% af rumareal	
02 Stue, terræn	01	STUE	Fast Karm: 1212x1212 mm	1212	1212	1.206	46.75 m²	2.579922	
02 Stue, terræn	01	STUE	Fast Karm: 1212x1212 mm	1212	1212	1.206	46.75 m²	2.579922	
02 Stue, terræn	01	STUE	Fast Karm: 1212x1212 mm	1212	1212	1.206	46.75 m ²	2.579922	
02 Stue, terræn	01	STUE	Fast Karm: 1212x1212 mm	1212	1212	1.206	46.75 m²	2.579922	
02 Stue, terræn	01	STUE	Fast Karm: 1212x1212 mm	1212	1212	1.206	46.75 m²	2.579922	
01:5	·	·		- -			- -	12.89961	
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212		27.21 m²		
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212		27.21 m ²		
02 Stue, terræn	02	VÆRELSE	Tofags Begge opluk Lodpost: 1212x1212 mm	1212	1212		27.21 m²		
02: 3	·	·				·		0	
02 Stue, terræn	03	Entré	Firefags Alle opluk Lodposter: 2412x1212 mm	1212	2412		13.32 m²		
03: 1	·	·				·		0	
02 Stue, terræn	04	WC/BAD	Topstyret med Tværpost: 1212x1212 mm	1212	1212		11.31 m ²		
02 Stue, terræn	04	WC/BAD	Topstyret med Tværpost: 1212x1212 mm	1212	1212		11.31 m ²		
04: 2	^	~			·	·		0	
02 Stue, terræn	05	Depot	Fast Karm: 1212x1212 mm	1212	1212		5.85 m²		
05: 1	•			•		•	·	0	

Figur 5.12 Skema for præcis beregning af glasareal i Revit

Tidsforbruget ser således ud:

Manuel opmåling, samt manuel beregning: 5 minutter og 33 sekunder

Manuel opmåling, samt beregning i Revit skema: 2 minutter og 54 sekunder

Automatisk beregning i Revit skema: 0 minutter og 0 sekunder

Tidsbesparelse for en automatisk beregning i procent udgør: 100%

Da på tegnestuen behov for præcise beregning sjældent opstår, tages der ikke højde for tidsbesparelse for denne

5.4 ARBEJDSPROCES OPTIMERING

På baggrund af den indsamlede empiri gennem afprøvningsafsnittet (afsnit 5.3) er der udarbejdede en ny sekvensmodel med de optimerede arbejdsgange. På Figur 5.13 vises de optimerede sekvenser, samt et værktøj der i forbindelse med denne handling skal anvendes.

Til skitsering anbefaledes anvendelse af digitale værktøjer som FormIt til de første idéer, da disse ses for at være enkle samt innovativ med flere præsentations muligheder. Men da på tegnestuen er givet udtryk for ingen interesse i nye arbejdsgange som kræver nye kompetencer, er dette konvertering til digitale værktøjer valgfrit.

Som tidligere illustreret på Figur 5.5, kan der vha. en graph i Dynamo generes sheets i Revit fra en Excel ark. På baggrund af den opnåede tidsbesparelse ved denne metode, ses denne sekvens i designprocessen optimerede. Da graph udarbejdede i Dynamo kan gemmes samt genanvendes, kræves der ikke scripting færdigheder af brugerne på tegnestuen. Dermed skal brugeren blot udfylde en allerede oprettet Excel ark, hvor tegninger navngives samt nummereres.

På tegnestuen modelleres i egen Revit Template, derfor er alle de nødvendige parametre samt Schedules oprettet i dette. Således vil fremtidige projekter som udarbejdes i denne template, have disse klar.

Med en lang række af værktøjer, er NTI Tools et oplagt valg for brugere der stræber efter arbejde hurtigere samt smartere i Revit. Et specifikt værktøj som tegnestuen kan drage nytte af, er udskrivnings funktionen NTI Tools indeholder. Som tidligere illustreret på Figur 5.7, denne addin muliggør udskrivning af flere tegninger med få klik. Metoden ses for være at automatiseret, da dette automatisk udskriver tegninger fra en oprettet liste, uafhængigt af papirstørrelse på tegningerne. På baggrund af den opnåede tidsbesparelse ved anvendelse af denne metode, ses denne sekvens også for optimerede.

Den samlede tidsbesparelse gennem designprocessen, er vanskeligt at sætte et præcis tal på da behovet for løsningerne varierer fra projekt til projekt. Tegnestuen er meget positiv over den overordnede tidsbesparelse ved løsningerne, dermed taget godt imod dem samt allerede anvender dem på tegnestuen.



Figur 5.13 Ny sekvensmodel med den ny optimerede designproces

5.5 Opsummering

Som en opsummering af afprøvningsafsnittet, opremses det indsamlede data gennem observering samt brugernes feedback på de konceptuelle løsninger. Den ny sekvensmodel på Figur 5.13 blev præsenteret for brugerne af løsningen på tegnestuen, hvor der også blev afgivet feedback på denne.

Oprettelse af Revit Sheets

Brugerne kunne godt se at den ny metode kan skabe værdi for fremtidige projekter, da processen kræver mindre tid for at opnå samme resultat. Denne udtalelse kom på trods af en tegningsliste først skal udarbejdes i Excel. Men da tegnestuen anvender samme nummereringssystem på alle projekter, kræver disse en navngivning på tegninger som ikke har samme navn på tværs af projekter. Brugerne har kendskab til oprettelse af sheets i Template er en muligt, men dette har ikke opfyldt deres behov. Dette skyldes at gennem designprocessen udarbejdes flere tegningslister, dermed ikke behov for oprette en liste med alle sheets som senere skal anvendes i processen. Dermed indeholder Templaten sheets som skal fravælges i skitsefasen, og senere igen til vælges for de igen kan vises på tegningslisten. Da sheets alligevel skal navngives for hvert projekt, ses løsningen for at være en bedre metode, da en liste hurtigere kan udarbejdes i en Excel ark.

Brugerne havde ønske til en ny graph, hvor Dynamo samtidigt ved oprettelse af sheets kategoriseret dem, da dette på nuværende tidspunkt skal udføres manuelt. Derfor vil dette blive en del af videreudvikling af denne løsning, som udarbejdes til tegnestuen på et senere tidspunkt.

Udskrivning af Sheets

Efter denne løsning blev præsenteret for brugerne på tegnestuen, straks blev omkostningerne for licens nævnt. Men efter brugerne afprøvede løsningen samt andre værktøjer som NTI Tools indeholder, blev de overbevist om at omkostningen vil være rentabelt ift. det opnåede tidsbesparelse.

Lysindfaldsberegning

På tegnestuen havde brugerne en god forståelse for, hvorfor en automatisk dimensionering af vinduer ikke var en mulighed. Men positivt over for løsningen med et Revit skema, hvor dette automatisk udfører beregningen. Da de sjældent har behov for manuel opmåling af vinduer, ses skemaet til automatisk beregning af vindues arealer en god løsning til behovet.

Kap. 6 KONKLUSION & PERSPEKTIVERING

Gennem undersøgelsen i rapporten blev nogle af tegnestuens problematikker løst, hvor ved optimering af dele designprocessen en stor tidsbesparelse blev opnået. Samtidigt blev årsagen til den langsomlige arbejdsproces belyst, hvor grunden til disse var arbejde i de gamle rutiner på tegnestuen. Når der arbejdes i rutiner, ignoreres ofte effektiviteten af nuværende system. Dermed kan der ved hjælp af en udefra kommende, fås en vurdering af systemets effektivitet eller flow. Denne kan være en konsulent som ved et kort ophold på arbejdspladsen, observere processen samt giv feedback samt eventuelle forslag til forbedringer. Dog kræver denne at der tages initiativ, samt investeres i nye løsninger. Til tider kan det være vanskeligt at se værdi i implementering af nye moderne teknologiske løsninger, da der ikke vides hvor effektivt disse kan være, samt frugt for forandring i igangværende arbejdsrutiner.

I rapporten blev Dynamo valgt som et værktøj til optimering af designprocessen hos en tegnestue, hvor ved introducering af dette blev ikke vist interesse i nye værktøjer. Dette skyldes at værktøjet krævede nye færdigheder, hvilket på tegnestuen ikke var interesseret i investering af. Ofte skyldes det begrænsede ressourcer hos de mindre virksomheder, samt ingen interesse i forandringer. Begrænsede ressourcer kan også resultere i vanskeliggørelse af ansættelse af ny arbejdskraft, hvor her kan nye kompetencer komme virksomheden til gode.

Tegnestuen var meget positiv over de nye løsninger, da brugerne afprøvet dem samt fik et indblik i den ny optimerede designproces skabte værdi ved tidsbesparelser gennem processen. Dermed kan konkluderes at selvom tegnestuen ikke har behov for at modellere efter parametrisk design principper, kan værktøjer som Dynamo løse andre udfordringer i en design proces. Grunden til det er projekter som arbejdes med på tegnestuen, sjældent har bygherre med ønske med at sætte byen på landkortet ved at bygge fantastiske arkitektoniske bygninger. Dermed er modelleringsværktøjer som Revit i stand til at modellere de simple geometrier, dermed opfylder tegnestuens behov indenfor 3D modellering.

Kap. 7 **REFERENCER**

7.1 KILDELISTE

Beyer, Hugh, and Karen Holtzblatt. 1998. *Contextual Design*. 1. MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS.

bips. 2015. "BIM Survey 2014." : 26. http://bips.dk/files/news_files/bim_survey_2014_r0.pdf.

Bucci, Federico, and Marco Mulazzani. 2000. "Luigi Moretti: Works and Writings."

- Celani, Gabriela, and Carlos Eduardo Verzola Vaz. 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(1): 121–37. http://journals.sagepub.com/doi/10.1260/1478-0771.10.1.121.
- Davis, Daniel. 2013. "Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture." RMIT University.
- Dehouck, Rémi. 2015. "Craft Ai | The Maturity of Visual Programming." *craft-ai*. http://www.craft.ai/blog/the-maturity-of-visual-programming/ (November 10, 2017).
- Dino, Ipek Gürsel. 2012. "CREATIVE DESIGN EXPLORATION BY PARAMETRIC GENERATIVE SYSTEMS IN ARCHITECTURE." 1: 207–24.

Dynamopackages. 2018. "Dynamo Packages." http://dynamopackages.com/ (March 12, 2018).

- Eastman, Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks, and Kathleen Liston. 2011. *The BIM Handbook* (2nd Edition).
- Hauck, Anthony. 2017. "Project Fractal RTC News." https://www.rtcevents.com/blog/project-fractal/ (December 8, 2017).
- Hermund, Anders. 2011. 53 Det kongelige Danske Kunstakademis Skoler for Arkitektur, Design og Konservering. "Anvendt 3D Modellering Og Parametrisk Design." Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler for Arkitektur, Design og Konservering Arkitektskolen. http://research.kadk.dk/files/35835146/Phd_Anvendt_3D_modellering_og_parametrisk_des ign_Anders_Hermund_KADK.pdf.

Kron, Zach. 2014. "Q&A about Dynamo | Dynamo BIM." Dynamo. http://dynamobim.com/qa-

about-dynamo/ (November 10, 2017).

Moretti, Luigi. 1971. *Ricerca Matematica in Architettura E Urbanisticâ*. Republished in: Federico Bucci and Marco Mulazzani. 2000. Luigi Moretti: Works and Writings.

NTI. 2017. "Læs Om NTI." http://nti.dk/om-os/ (December 20, 2017).

- Oxford Dictionaries. 2017. "Definition of Algorithm." https://en.oxforddictionaries.com/definition/algorithm (February 26, 2018).
- Rutten, David. 2013. "Back Home | I Eat Bugs For Breakfast." 2013-11-10. https://ieatbugsforbreakfast.wordpress.com/2013/11/10/back-home/ (December 11, 2017).
- "The Dynamo Primer." 2017. *dynamoprimer.com*. http://dynamoprimer.com/en/01_Introduction/1-1_what_is_visual_programming.html (March 1, 2018).
- Vollaro, Tom. 2012. "Autodesk FormIt Blog." 2012. https://formit.autodesk.com/blog/post/thestory-of-formit (December 19, 2017).
- Weisberg, David E. 2008. "The Engineering Design Revolution." 2008. http://www.cadhistory.net/ (February 26, 2018).

7.2 FIGURLIGSTE

Figur 1.1 Udklip fra BIM survey 2014 (bips 2015)	6
Figur 3.1 Uddrag af Bygningsreglement 2018	18
Figur 3.2 Et typisk projektforløb på tegnestuen	19
Figur 3.3 Workflow model af en designproces hos VIVA Arkitekter	20
Figur 3.4 Sekvensmodel af designproces hos VIVA Arkitekter	24
Figur 3.5 Illustration af fokusområder for undersøgelsen	26
Figur 4.1 Programmør illustrerer et programs funktionalitet	29
Figur 4.2 Script/graph udarbejdet i Dynamo	29
Figur 4.3 Udklip fra The Dynamo Primer	30
Figur 4.4 Grasshopper script illustrerer uoverskuelighed af et komplekst script (Davis 2013)	32
Figur 4.5 Dynamo Studio brugeroverflade	33
Figur 4.6 Dynamos cloud baseret model viewer i webbrowser	34
Figur 4.7 Screendump af Dynamopackages.com	35
Figur 4.8 Eksempel fra Dynamo Dictionary	37
Figur 4.9 FormIt brugeroverflade med importeret Dynamo model	38
Figur 4.10 Project Fractal brugeroverflade, samt afprøvnings graphen	40
Figur 4.11 NTI Tools add-in til Autodesk Revit	41
Figur 5.1 Illustration af løsningens værktøjer	43
Figur 5.2 Skemaer oprettet i tegnestuens Revit Template	45
Figur 5.3 Dynamo graph for mængdeudtrak til Excel (vinduer)	46
Figur 5.4 Tegningsliste oprettet i Excel	47
Figur 5.5 Dynamo graph for oprettelse af Revit sheets fra en Excel ark	48
Figur 5.6 Dynamo graph for oprettelse af tegningsliste i Excel	48
Figur 5.7 Liste af sheets oprettet af NTI Tools til udskrivning	49
Figur 5.8 Dynamo graph for udtræk af data for vinduer	51
Figur 5.9 Beregningsskema for lysindfald udarbejdet i Revit (lånt fra afprøvningsafsnittet)	51
Figur 5.10 Stueplan af test bygningmodel anvendt for dette forsøg i Revit	54
Figur 5.11 Skema for automatisk beregning af vinduesareal i Revit	55
Figur 5.12 Skema for præcis beregning af glasareal i Revit	56
Figur 5.13 Ny sekvensmodel med den ny optimerede designproces	58