

ARKITEKTSKOLENS FORLAG

ERFARINGSOPSAMLING

# *MODULSYSTEMER I BYGNINGS- KULTURARVEN*

TRANSFORMATION AF FUNKTIONSTOMME BYGNINGER  
MED VÆSENTLIG KULTURARVSVÆRDI Gennem  
MODULSYSTEMER OG DIGITAL PRODUKTION

ARKITEKTSKOLEN AARHUS



# VEJLEDNING

DENNE RAPPORT ER EN ERFARINGSOPSAMLING FRA UDVIKLINGSPROJEKTET "MODULSYSTEMER I BYGNINGSKULTURARVEN" MED HENBLIK PÅ AT UDDRAGE VÆSENTLIGE ERFARINGER OG VIDEN OG TIL AT TILVEJEBRINGE EN GUIDE FOR FREMTIDIGE PROJEKTER.

RAPPORTEN HENVENDER SIG TIL ALLE DER HAR EN INTERESSE I TRANSFORMATION OG GENANVENDELSE AF BYGNINGER.

Rapporten indledes med en overordnet beskrivelse af projektet med særlig fokus på projektets ide og formål. Da projektet skal fortsås som et pilotprojekt, der udvikler og afprøver en ny metode for genanvendelsen og transformation af en eksisterende bygning, vil der indledningsvis være en grundig beskrivelse af projektorganisationen med alle aktører, velvidende at dette sandsynligvis vil variere i fremtidige projekter.

Efterfølgende fokuserer rapporten på tre hovedområder, der hver især beskrives i et særskilt afsnit.

Det første fokusområde "Tilpasningsdygtig genanvendelse - bygningstransformation med udgangspunkt i bygningens kulturarv" behandler ker-

neområdet i forhold til dette projekt og er særlig interessant for aktører, der arbejder med genanvendelse af bygninger med en særlig kulturarvsværdi. Det andet fokusområde "Anvendelsen af digitale redskaber i bygningskulturarven" behandler anvendelsen af moderne teknologi i form af 3D scanning og digital fabrikation etc. som metodisk afsæt for at opnå en kvalitativ og økonomisk bæredygtig transformation. Dette afsnit henvender sig til aktører inden for byggeindustrien, der er interesseret i teknologisk innovation og nye bæredygtige byggemetoder.

Det tredje afsnit "Implementering af modulsystemet i pilotprojekt" beskriver og følger det konkrete transformationsprojekt - ombygningen af Fabers

Fabrikker. Dette afsnit er reflekterende og fokuserer primært på anvendeligheden af de udviklede principper, samt i hvor høj grad det har været muligt at implementere disse i forbindelse med udførelsen af projektet. Dette afsnit henvender sig til aktører, der er interesseret i de konkrete faser af et transformationsprojekt, som dette gennemgår, samt hvilke forudsætninger der skal være opfyldt for en succesfuld gennemførelse.

*Rapportens QR-koder giver adgang til baggrundsmateriale.*

## **Projektgruppe, Arkitektskolen Aarhus**

Anne Mette Boye

Charlotte Bundgaard

Jan Buthke

Niels Martin Larsen

Simon Ostenfeld Pedersen

## **Publikation:**

Titel: Modulsystemer i bygningskulturarven

Undertitel: Transformation af funktionstomme bygninger med væsentlig kulturarvsværdi gennem modulsystemer og digital produktion

Udgivelsesår: 2020

Sted: Aarhus

Udgiver: Arkitektskolen Aarhus

Hovedforfatter: Jan Buthke

Bidrag/redaktion: Niels Martin Larsen, Simon Ostenfeld Pedersen, Charlotte Bundgaard, Anne Mette Boye

Sideantal: 70

Elektronisk udgivelse

ISBN: 978-87-90979-87-4

# INDLEDNING

## HVORDAN KAN MODULER OG DIGITALE VÆRKTØJER BIDRAGE TIL TRANSFORMATION AF VIGTIG KULTURARV OG FUNKTIONSTOMME BYGNINGER.

### Baggrund

I slutningen af 2016 fik Faaborg-Midtfyn Kommune tilsagn om støtte fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen til forsøgsprojektet "Modulsystemer i Bygningsskulturarven". Styrelsen havde åbnet for ansøgninger under byfornyelsen med det overordnede formål at igangsætte projekter, der kunne bidrage til at byfornyelseslovens muligheder tilpasses de aktuelle udfordringer, som landets by- og boligområder står overfor, så der også i fremtiden kunne sikres attraktive og velfungerende byer og boliger til gavn for hele Danmark.

Ansøgningen blev udarbejdet i tæt samarbejde med Arkitektskolen Aarhus.

### Formål

Projektet havde til formål at udvikle en model og gennemføre et demonstrationsprojekt, der kunne vise vejen for, hvordan transformation af vigtig kulturarv og funktionstomme bygninger gennem ressourcebesparende modulsystemer og digital produktion, kunne give funktionstomme bygninger et nyt liv som billige boliger i landdistrikterne og lede gavnlige, dynamiske effekter med sig.

Hypotesen i ansøgningen var, at der igennem anvendelse af modulsystemer kunne laves kvalitetsfulde og økonomisk forsvarlige omdannelser af vores arkitektoniske kulturarv. Hypotesen tog udgangspunkt i, at kulturarven er mangfoldig, og at mødet mellem den enkelte bygning og det industrielle modulsystem stiller særlige krav.

Der blev foreslået at anvende digitale redskaber til at skabe et frugtbart møde mellem den eksisterende kulturarvsbygning og det nye modulsystem. Ved hjælp af digital 3D scanning kan den eksisterende bygning registreres ned i mindste detalje, og der kan genereres en komplet bygningsdokumentation. Disse data omsættes og sendes ind i det industrielle produktionsapparat, hvorved der kan produceres nøjagtigt tilpassede bygningsdele. Igennem anvendelse af de digitale redskaber kan der dermed bygges bro mellem kulturarvens særlige identitet og det industrielle modulsystems rationelle standardisering.

### Målgruppe

Efter den positive tilbagemelding fra Ministeriet og med udgangspunkt i ovenstående hypotese blev der etableret en projektgruppe bestående af medarbejdere fra Faaborg-Midtfyn Kommune og Arkitektskolen Aarhus til at varetage de indledende faser af projektet. Med udgangspunkt i forskningsprojektet "Screening af Kulturmiljøer" udført af Arkitektskolen Aarhus i Faaborg-Midtfyn Kommune, blev mulige bygninger for forsøgsprojektet identificeret. Det var funktionstomme bygninger, der samtidig er bærer af en vigtig arkitektonisk eller lokalhistorisk kulturarv og samtidig er truet af nedrivning, da det i mange tilfælde ville være mere rentabelt at bygge nyt i stedet for at renovere de gamle bygninger.

Målgruppen som dette forsøgs- og demonstrationsprojekt retter sig imod

kunne være kommuner eller bygnings-ejer i områder med et forholdsvist lavt huslejeniveau, og som ønsker at genanvende eksisterende bygninger til f.eks. boliger eller lignende.

### Resultater

Til demonstrationsprojektet blev der valgt en funktionstom fabriksbygning i Ryslinge - Fabers Fabrikker. Samtidig blev projektgruppen på det tidspunkt udvidet til også at omfatte bygningens ejer, Skibsted Ejendomme og en totalrådgiver, Arcgency, der skulle stå i spidsen for de næste faser af projektet, som indeholdt udvikling og gennemførelse af ombygning.

I tæt samarbejde mellem Arcgency og Arkitektskolen Aarhus blev der i denne fase udviklet en transformationsstrategi og et koncept for ombygningen af Fabers Fabrikker baseret på den i ansøgningen formulerede målsætning. Her var Jan Buthke ansvarlig for Arkitektskolen Aarhus bidrag til projektets udviklingsfase. Sidenhen er transformationen blevet gennemført, og der er blevet etableret 4 lejligheder i fabrikken.

Demonstrationsprojektet har vist, at det har været muligt at indfri en stor del af de potentialer, der var blevet beskrevet i ansøgningen, samtidig med at det er lykkedes at bygge boliger af en høj arkitektonisk kvalitet, der introducerer en ny spændende lejlighedstype, som er baseret på bygningens historie og typologi og med fokus den gode udvikling og den positive fortælling.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

MODULSYSTEMER I BYGNINGSKULTURARVEN .....	1
Vejledning .....	2
Indledning .....	4
INDHOLDSFORTEGNELSE .....	5
INTRODUKTION .....	6
Modulsystemer i bygningskulturarven.....	8
Positionering af projektet i den aktuelle udvikling .....	14
FOKUSOMRÅDE I - ADAPTIVTRANSFORMATION MED UDGANGSPUNKT I BYGNINGENS KULTURARV18	
Adaptiv transformation med udgangspunkt i bygningskulturarv.....	20
Valg af bygning til forsøgsprojekt.....	22
Værdisætningsrapport kvalitative værdier.....	24
3D Scan Kvantitative værdier .....	26
Betydningen af den digitale opmåling for udformningen af projektet .....	28
Overvejelser af kulturarvens betydning for udformningen af projektet.....	30
Koncept for projekt økonomisk .....	32
FOKUSOMRÅDE II-ANVENDELSEN AF DIGITALE REDSKABER I BYGNINGSKULTURARVEN .....	36
Anvendelsen af digitale redskaber i bygningskulturarven .....	38
Digital opmåling .....	44
Digital fabrikation .....	46
Modulstrategi og Byggekoncept .....	48
Fabrikation af Prototyper af samlingsmoduler .....	50
FOKUSOMRÅDE III-IMPLEMENTERING AF MODULSYSTEMET I PILOTPROJEKT .....	52
Implementering af modulsystemet i pilotprojekt .....	54
Program.....	58
Dispositionsforslag .....	62
Hovedprojekt.....	66

# INTRODUKTION





RS FABRIKER

Ca

# MODULSYSTEMER I BYGNINGSKULTURARVEN

Omstillingen i Danmarks landområder er en stor udfordring i mange yderkommuner, hvor værdifulde bygninger og kulturmiljøer mister deres funktion og står tomme hen. De er fysiske vidnesbyrd om stedernes historie, mens de funktionstømte bygninger i forfald danner negative fortællinger om byers afvikling. "Modulsystemer i Bygningskulturarven" er et innovativt forsøgsprojekt, der skaber nye, funktionelle og fleksible boliger, som kan sætte gang i en positiv omstilling. Den demografiske udvikling i yderområderne stiller samtidigt krav om nye og billigere boliger. "Modulsystemer i Bygningskulturarven" udvikler og afprøver nye metoder, der kan være med til at løfte udfordringen og behovet for billige, fleksible lejeboliger.

Ombygning af tomme bygninger er ofte for dyrt både for kommunerne og private bygherrer. Hvert år vedligeholdes og renoveres private og offentlige boliger for ca. 100 milliarder kr.. Analyser peger på, at ca. 30 procent af alle danske boliger bør facaderenoveres

inden 2040. Manglende vedligehold og boliger af ringe kvalitet koster dyrt i renovering, velfærd og livskvalitet. Mange håndværkertimer og specialløsninger tilpasset skæve vinkler og bekostelig opdatering af bygningens tilstand til en moderne boligstandard resulterer i, at vigtige bygninger forfalder for at ende med at blive revet ned.

## Projektets idé

Modulsystemer i Bygningskulturarven handler om, hvordan vi igennem anvendelse af modulsystemer kan lave kvalitetsfulde og økonomisk forsvarlige omdannelser af vores arkitektoniske kulturarv. Projektet tager udgangspunkt i, at kulturarven er mangfoldig, og at mødet mellem den enkelte bygning og det industrielle modulsystem stiller særlige krav. Vi foreslår at anvende digitale redskaber til at skabe et frugtbart møde mellem den eksisterende kulturarvsbygning og det nye modulsystem. Ved hjælp af digital 3D scanning kan vi registrere den eksisterende bygning ned i mindste detalje

og generere en komplet bygningsdokumentation. Disse data omsættes og sendes ind i det industrielle produktionsapparat, hvorved man kan producere nøjagtigt tilpassede bygningsdele. Igennem anvendelse af de digitale redskaber kan vi dermed bygge bro mellem kulturarvens særlige identitet og fysiognomi og det industrielle modulsystems rationelle standardisering.

Projektet bygger på den betragtning, at funktionsforladte bygningers særlige rolle i lokalsamfundet, deres identitet og arkitektoniske særkende er afgørende parametre for en succesfuld omdannelse til nye formål. De forladte bygninger, der udgør en del af den lokale kulturarv, skal ikke behandles ens. Den store lagerbygning uden isolering kræver en anden omdannelse end et nedlagt andelsmejeri, og et gammelt sanatorium har en anden arkitektur end et bindingsværkhus. Vi lægger derfor vægt på, at kulturarven altid aflæses, dokumenteres og vurderes grundigt, og at løsningerne differentie-



res med henblik på at skabe de stærkeste og mest velfungerende indgreb. Det industrielt producerede modulsystem åbner op for en effektivisering og billigørelse af omdannelsen fra funktionsforladt bygning til aktive boliger. Med modulsystemer rationaliseres og standardiseres løsningerne, men med inddragelsen af digitale redskaber åbnes der op for, at industrielle modulprodukter tillige kan individualiseres. Vi kender udviklingen fra vinduesfabrikanterne, der har opbygget et produktionsapparat, der muliggør en på én gang standardiseret og fleksibel produktion. Specialvinduet kan produceres på en rationel produktionsplatform. Tilsvarende ville vi i dette projekt udvikle den tænkning og det system, der gjorde det muligt at inkorporere de særlige karakteristika, mål, skævheder, mm., som den eksisterende bygning rummer.

Med brug af digitale redskaber som mellemed mellem modulerne og kulturarven udvikler vi en tænkning, proces og metode, der kan overføres til mange forskellige bygningstyper og situationer.

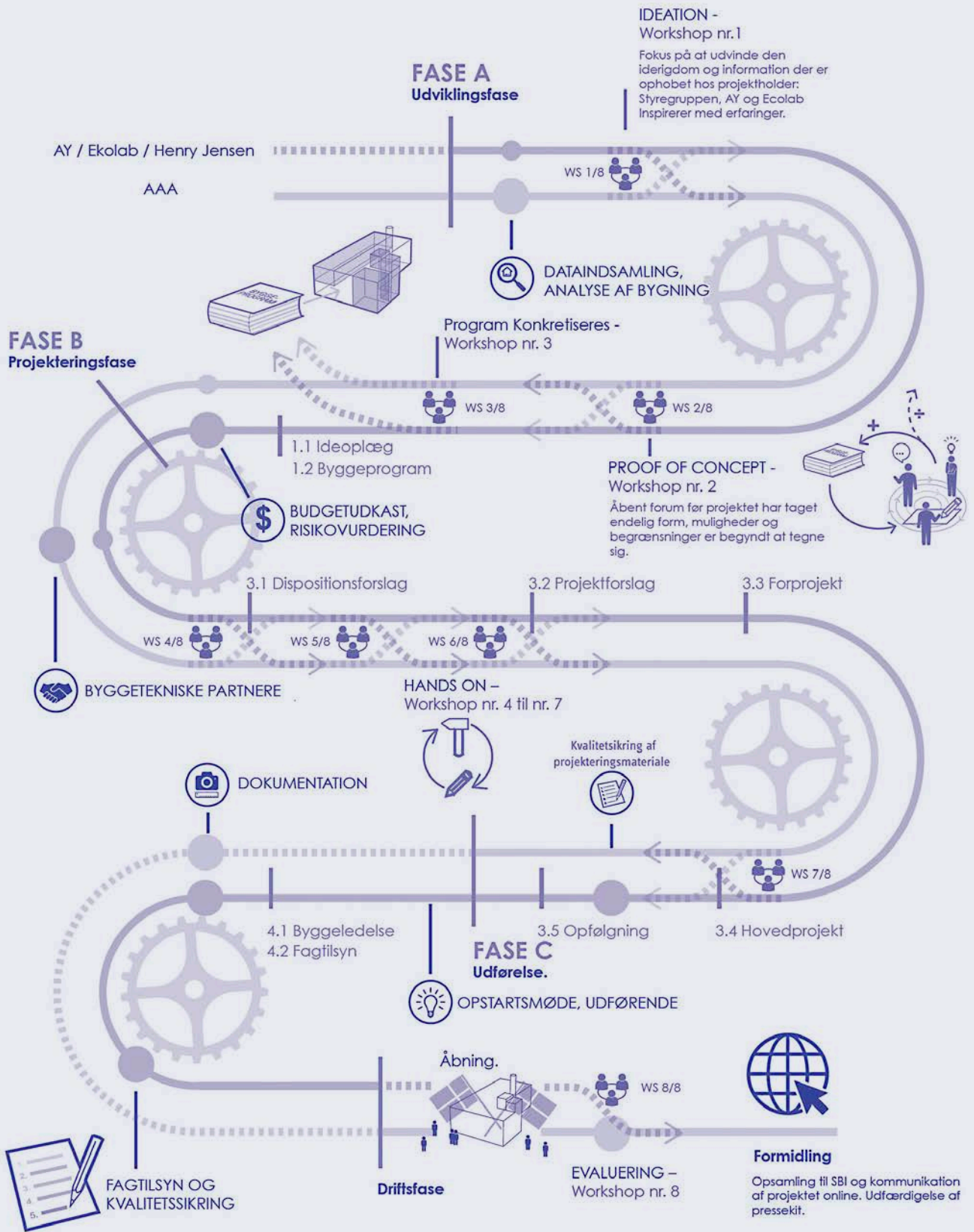
Udvælgelsen af bygningen knyttes til projektet: " Screening af Kulturmiljøer ved Arkitektskolen Aarhus." Screening af kulturmiljøer er et redskab til at vurdere kulturmiljøer ud fra aflæselige parametre, så kulturarvens værdier, egenskaber og udviklingspotentialer bliver tydeligere og kan skabe nye muligheder og indsatser med henblik på at bevare gennem udvikling.

Link til rapport:

[SCREENING AF DANMARKS  
KULTURMILJØER](#)



PROJEKTET HAR TIL FORMÅL AT UDVIKLE EN MODEL OG GENNEMFØRE ET DEMONSTRATIONSPROJEKT, DER KAN VISE NYE VEJE FOR, HVORDAN TRANSFORMATION AF VIGTIG KULTURARV OG FUNKTIONSTOMME BYGNINGER Gennem ressourcebesparende modulsystemer og digital produktion, kan give funktionstomme bygninger et nyt liv, som billige boliger i landdistrikterne og lede gavnlige, dynamiske effekter med sig.



Tilbud totalrådgivning  
MODULSYSTEMER I BYGNINGSKULTURARVEN

Samarbejdsdiagram fra Arcgency

## Beskrivelse af projektorganisation

Projektets organisation består af følgende aktører. Faaborg Midtlyn Kommune (FMK) (projektejer), Arkitekt-skolen Aarhus (AAA) (videnpartner), Skibsted Ejendomme (bygningsejer), tegnestuen ArcgencY (AY) (totalrådgiver) og Ekolab, Henry Jensen (ingeniører).

Projektet er finansieret igennem en bevilling fra Trafik, Bygge-, og Boligstyrelsen, som FMK og AAA i fællesskab har ansøgt om.

FMK agerer som bygherre og har det overordnede ansvar for projektets gennemførelse samt projektøkonomi og overholdelse af projekttidsplanen. AAA agerer som videnpartner og har det primære ansvar for at udvikle det faglige grundlag for forsøgsdelen samt bistår totalrådgiveren i projekterings- og udviklingsfasen. AAA stiller med et arbejdsteam med faglige kompetencer inden for kulturarv, transformation, digitale redskaber, produktion og byfornyelse.

Med udgangspunkt i en screening af tre mulige bygninger gennemført af AAA vælges Fabers Fabrikker som bygning til gennemførelse af pilotprojekt. Bygningsejeren, Skibsted Ejendomme, bliver således en del af

projektorganisationen og varetager en rådgivende rolle som fremtidig ejer og udlejer af de nye lejemål.

Efter projektets indledende faser udvælges ArcgencY (AY) som totalrådgiver ud af fem prækvalificerede tegnestuer. AY få herefter overdraget ansvaret for projektet fra skitseprojekt til og med udførelse inklusive byggeledelse. Der er et tæt samarbejde mellem AAA og AY, og grænseflader og arbejdsopgaver præciseres løbende.

AAAs primære opgaver i projektudviklingsfasen er at overdrage og videreføre resultaterne fra de indledende faser til AY og derudover især varetage styringen og udviklingen af de bygningsdele, der er baseret på den digitale opmåling og robotstyret fabrikation.

## Styregruppe og arbejdsgruppe

Projektet styres af en styregruppe, der skal godkende alle væsentlige beslutninger i projektet. Alle faser skal godkendes af styregruppen ved faserens afslutning før den næste fase kan igangsættes.

Styregruppen er sammensat af én repræsentant fra Trafik-, Bygge- og boligministeriet, to repræsentanter fra kommunalbestyrelsen, afdelingslederne for Plan og Ejendom ved Faaborg

Midtlyn Kommune, en repræsentant fra Arkitektskolen Aarhus, bygnings-ejeren og én lokalrepræsentant.

## Overordnet beskrivelse af projektets faser

Overordnet kan projektet opdeles i fire faser: 1. Kortlægning og analyse (forsøgsprojekt), 2. Princip- og konceptudvikling (forsøgsprojekt), 3. Projektudvikling og udførelse (byggeprojekt med input fra forsøgsprojektet) og 4. Erfaringsopsamling (Opsamling af forsøgsprojekt og byggeprojekt).

Den første fase udføres af AAA i samarbejde med FMK. Fase 2 udføres af AAA i samarbejde med AY. Fase 3 udføres primært af AY dog i tæt dialog med AAA. Den fjerde fase udføres primært af AAA med input fra alle involverede parter.

## Kortlægning og analyse

I denne fase etableres der et informations- og vidensgrundlag for projektet. Der udarbejdes dels et registrerings- og analysmateriale for den udvalgte bygning og dens kontekst, dels en status over det faglige felt, som projektet indskriver sig i (anvendelse og produktion af moduler, dialog mellem tegnestue og producenter, digitalise-

ring m.m.). Der udføres et overordnet 3D scan af hele bygningskomplekset til fremtidig brug i forbindelse med projektudviklingen. Kortlægningen og analysen indgår som del af udbudsmaterialet for totalrådgivningsudbudet i fase 2.

### **Princip- og konceptudvikling**

Denne fase tager udgangspunkt i den første fases kortlægning og analyse, og bearbejder og fortolker de indsamlede data i form af parametriske og fysiske modeller, beskrivelser m.m. til videre brug i processen. Det udarbejdede materiale formidles til totalrådgiveren på en indledende workshop og i form af en projektmappe.

Dette materiale anvendes i forbindelse med opstart af dialog og udvikling sammen med rådgivningsteamet (AY og ecolab) og danner grundlag for, at rådgivningsteamet udarbejder et kon-

cept og program for transformationen af Fabers Fabrikker til boliger.

Arkitektskolen Aarhus og rådgivningsteamet etablerer et udviklingsforløb med henblik på udarbejdelse af en række principmodeller for mulige modulsystemer med udgangspunkt i bearbejdning af 3D-scanningen, hvilket sammenholdes med kortlægningen af bygningskulturarven og state-of-the-art analysen af anvendelsen og produktion af moduler i byggeriet i dag.

### **Projektudvikling**

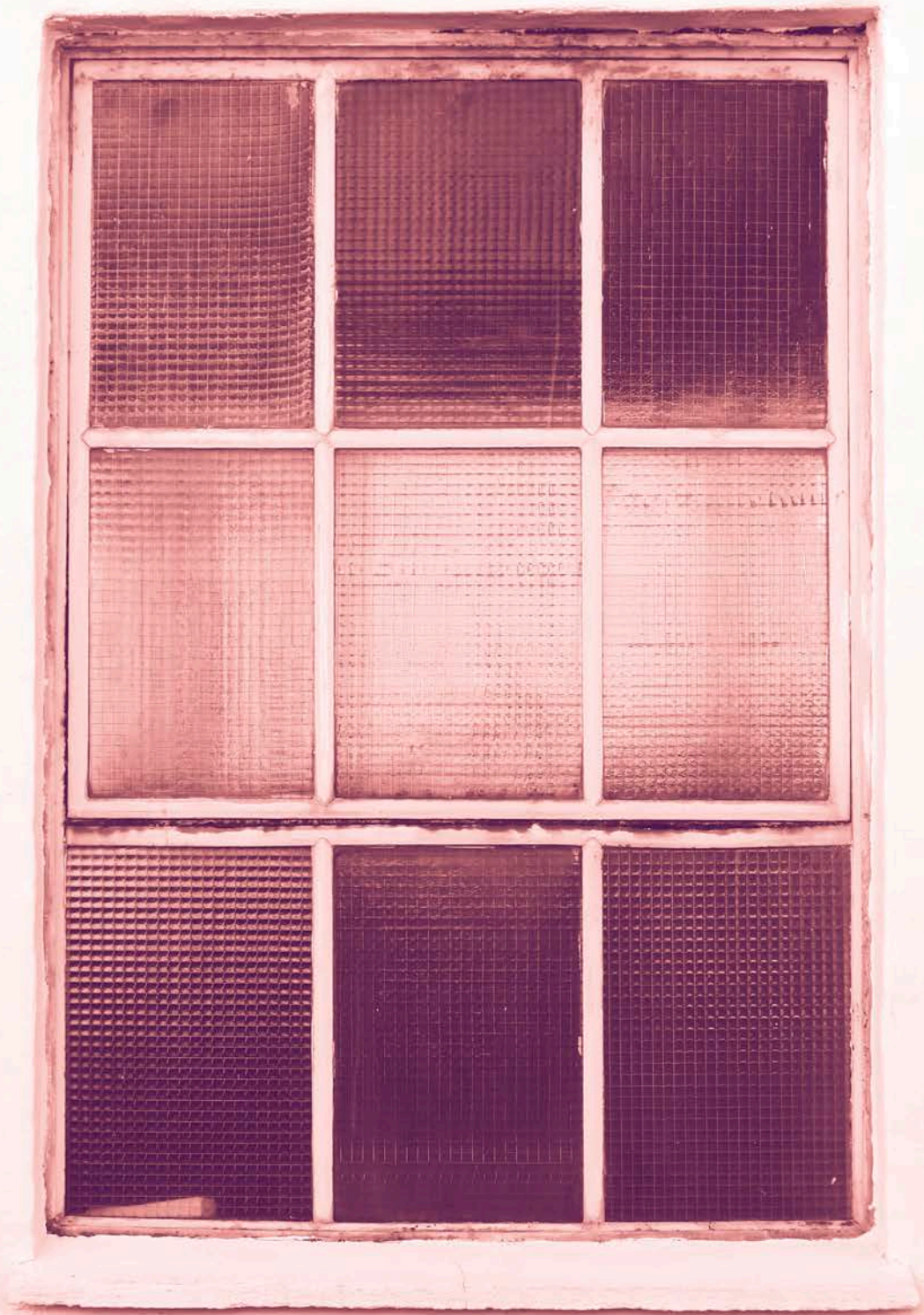
Udførelsen af denne fase kan sammenlignes med et almindeligt totalrådgivningsprojekt, hvor projektet gennemløber alle faser fra projektforslag til hovedprojekt, byggeledelse og tilsyn. Derudover tilpasses og videreudvikles koncept og metoder af AY i samarbejde med AAA samt forskellige produ-

center. I samarbejde med AY og AAA videreudvikles, revideres og specificeres modulsystemet, og AAA sørger for at de udviklede principper kan danne et solidt grundlag for rådgivningsteamets udvikling af program og koncept, skitsering og projektering. AAA bidrager i den forbindelse også med supplerende 3D-scanninger og fabrikation af fysiske prototyper i AAA's digitale værksteder.

### **Erfaringsopsamling**

I fjerde fase, erfaringsopsamling, opsamler og perspektiverer AAA processer og resultater med henblik på formidling af metoden til mulige fremtidige projekter og andre relevante interesser.

I denne fase vil der være særlig fokus på, at projektets processer og resultater beskrives og perspektiveres samt formidles bredt.



# POSITIONERING AF PROJEKTET I DEN AKTUELLE UDVIKLING

POSITIONERINGEN ER BASERET PÅ SAMTALER MELLEM REPRÆSENTANTER FRA ARKITEKTSKOLEN AARHUS OG FEM DANSKE TEGNESTUER: CEBRA, LINJEN, PRAKSIS, ARGENCY OG VANDKUNSTEN. SAMTALERNE HAR TIL FORMÅL AT SKABE ET OVERBLIK OVER TEGNESTUERNES ERFARINGER MED OG HOLDNINGER TIL ARBEJDET MED MODULSYSTEMER, DIGITALISERING OG KULTURARV.

## Modulsystemer

'Modulsystemer' er bevidst bredt formuleret, da netop en forståelse, konkretisering og udvikling af det modulære er en del af selve projektudviklingen. I samtalerne med tegnestuerne fremkommer forskellige generelle betragtninger på modulære systemer: 1. Som et modulgrid, der hjælper med at organisere og systematisere komplekse projekter, 2. Som anvendelsen af modulære, industrielt fremstillede byggekomponenter, systemer og produkter, 3. Som et processuelt styringsredskab til gennemførelse af projektløb. Tegnestuerne peger på en række arkitektoniske problemstillinger, de finder vigtige og udfordrende i arbejdet med modulsystemer.

## Tolerancer og tilpasning

Det blev i dialogen påpeget, at spørgsmålet om tolerancer og tilpasning altid vil være til stede, også hvor digitale data sikrer høj præcision i bygningskomponenterne. I et transformationsprojekt opstår spørgsmålet om tolerancer i mødet mellem det præfabrikerede system og den eksisterende, fysiske bygning.

Tilpasning af systemprodukter har hidtil foregået på byggepladsen i en montageproces, der kræver betydelig håndværksmæssig arbejdsindsats på stedet.

Anvendelsen af digitale scanningsdata i produktionen af byggekomponenter vil minimere behovet for tilpasning på stedet. På baggrund af digitale data kan produktionsapparatet potentielt optage skævheder og skræddersy komponenterne til den eksisterende bygnings fysiognomi. Det blev under tegnestuedialogen påpeget, at der dog altid vil være en samlingsdetalje og et tolerancespørgsmål, der får arkitektoniske konsekvenser.

## Montage og udskiftelighed

Spørgsmålet om montageprocessen blev også fremhævet som en udfordring. Dimensioner på åbninger i den eksisterende bygning kan medvirke til at diktere skalaen på nye komponenter, ligesom særlige forhold i bygningen kan påvirke montageteknikker og -rækkefølger.

I relation til montage blev også spørgsmålet om udskiftelighed, adskillelse og genbrug rejst.

Flere tegnestuer gjorde opmærksom på, at udskiftelighed og genbrug af komponenter og bygningsdele er en relevant udfordring, som også har arkitektoniske konsekvenser og potentialer.

## Det almindelige og det unikke

Arbejdet med modulære systemer indebærer at bygningskomponenter i princippet har fastlagte dimensioner, opbygning og materialer. Bygningskomponenterne er oftest præfabrikerede, optimerede og 'går op' med et system. I mødet med en eksisterende bygning opstår behovet for særlige løsninger, hvor systemet møder bygningen.

Netop indkredsningen af hvor systemet selv kan klare særhederne, og hvor det giver mening at introducere unikke løsninger, er et centralt emne i mødet mellem det modulære og bygningskulturarven.

### **Oversættelse af dansk bygnings-tradition**

Sammenhængen mellem kulturarven og modultænkningen pegede på potentialerne i at gentænke traditionelle, håndværksmæssige løsninger i en industriel kontekst. Spørgsmålet blev rejst om, hvorvidt og hvordan man kan fortolke dansk bygningstradition i udviklingen af nye modulsystemer og på den måde bygge bro mellem kulturarv og industrielle produktionsmetoder.

### **Dialog og samarbejde med producenter**

Udviklingen af et modulsystem med de nødvendige egenskaber og kvaliteter kræver en tæt dialog med producenterne igennem hele projektløbet. Det er ønsket, at de indledende fasers udviklingsarbejde producentledet gennem eksperimenter og afprøvninger, eksempelvis 1:1 fabrikation af forsøgelementer og samlinger, bør formuleres og udføres i tæt dialog med producenternes knowhow og produktionssystemer.

Fleere tegnestuer gør opmærksom på, at det ofte kan være vanskeligt at indlede samarbejder med producenter tidligt i processen med henblik på at få indflydelse på udformningen af produkterne. Det blev også påpeget, at udvikling af nye produktvarianter af økonomiske årsager ofte kræver store serier, og at prisbevidsthed er vigtig, når ændringer af komponenter diskuteres. Hvor i produktionsprocessen er det let at indlægge ændringer, og hvor er det krævende og dermed fordyrende? En erfaring var, at det ofte er de mindre virksomheder, der er mest engagerede og interesserede i de eksperimenterende opgaver.

### **Parametriske modeller og digital fabrikation**

Der er et stort uudnyttet potentiale i anvendelsen af en 3D scannet bygningsmodel i sammenspil med parametriske modeller og digital fabrikation tidligt i udviklingsfasen af transformationsprojekter, hvor bygningsarv bliver omdannet og transformeret til en ny funktion.

En parametriske model i denne sammen skal forstås som en digital model baseret på en række variable inputs, som dynamisk tilpasser sig forskellige geometriske omstændigheder. Den samme parametriske model kan således eksempelvis generere skræddersyede vinduesløsninger for forskellige vinduesåbninger og samtidig generere det digitale grundlag for en robotstyret produktion af disse.

I denne sammenhæng er det særlig interessant i sammenspillet imellem den digitale parametriske model og de fysiske prototyper fremstillet ved hjælp af digital fabrikation. De uudnyttede muligheder ligger i sammenspillet imellem den digitale model og de fysiske prototyper.

I dialogen med tegnestuerne har der været bred enighed om, at især 3D scanning er et meget nyttigt og brugbart værktøj til digital opmåling af bygninger. Alle tegnestuer har kendskab til teknologien eller har været i berøring med den i forbindelse med projekter. Samtidig har det været tydeligt, at der blandt tegnestuerne er en inte-

resse og villighed til at udforske denne teknologi yderligere.

Digitale parametriske bygningsmodeller, i forskellige udformninger som fx BIM, er en fast del af de fleste tegnestuernes daglige arbejde. Primært i forbindelse med projektering, men også i forbindelse med projektudviklingen og skitsering.

Dialogen har dog vist, at digital fabrikation af fysiske modeller, i forbindelse med projektudviklingen, især i stor skala, er yderst sjældent. I de tilfælde hvor det forekommer, sker dette typisk i samarbejde med en producent.

Generelt set delte alle tegnestuer vores opfattelse af, at der er et potentiale i at kombinere 3D scanning med parametriske modeller og digital fabrikation, og der var en række umiddelbare reaktioner, som fx muligheden for at optimere økonomi ved skræddersyet præfabrikation med udgangspunkt i 3D scanningen, digital mapping af bygningen for at opnå indsigt i realiserbarhed, økonomisk risikovurdering, m.m.

## Bygningskulturarv

Alle 5 tegnestuer har tidligere arbejdet med transformering af kulturarv, og

repræsenterer et spænd over forskellige tilgange. I samtalerne med dem fremkom forskellige betragtninger på værdien af bygningsarven. De udtrykker alle et stort potentiale i bevaringen af en eksisterende bygning med værdi for lokalbefolkningen, der er med til at skabe en identitet for et område. Tegnestuerne pegede på følgende udfordringer i arbejdet med den byggede kulturarv.

### Dialogen med bygherre og kommune om bevaring vs nedrivning

Alle tegnestuer ser potentialer i bevaring af kulturarv, men udtrykker enstemmigt, at det ofte er en udfordring at overbevise en bygherre om værdien i at transformere bygningen fremfor at rive ned og bygge nyt. Bygherre er for det meste overbevidst om, at transformationsarbejdet er dyrere og tager længere tid. Der blev peget på, at der ofte er behov for et eksternt krav om bevaring fra lokalplaner eller myndighederne, for at transformationsprojekterne bliver udført. Det kan således udledes, at det vil lette dialogen med bygherrer, hvis argumenter om økonomiske barrierer og tidskrævende tilpasning kan modbevises med alterna-

tive løsninger, som dette projekt håber at kunne bidrage med.

### Nye funktioner i eksisterende bygninger

Tegnestuerne peger på forskellige fremgangsmåder i arbejdet med en eksisterende bygning. Nogle tager altid udgangspunkt i en grundig læsning af bygningen og dens værdisætning og derudfra definerer et egnet fremtidigt program, der underordner sig bygningens præmisser. Andre tegnestuer benytter en tilgang, som er mere konceptbåret og tager udgangspunkt i, hvorledes et program kan udfordre den eksisterende bygning, og hvilke tiltag der må gøre sig gældende for, at bygningen tilpasser sig programmet. Bygninger, der f.eks. tilhører en industribygningsarv, der ikke i sin nuværende tilstand egner sig til boliger. Med udgangspunkt i værdisætningen må der tages stilling til bygningens tålegrænser og tolerancer i arbejdet med transformation til lejligheder. I samtalerne pegede tegnestuerne på en række emner, de finder vigtige og udfordrende i arbejdet med transformationsprojekter. Disse knytter sig til mødet mellem byggetekniske



problemstillinger og hensyntagen til værdier i den eksisterende bygningsmasse, eksempelvis: isolering og materialer.

### **Isolering – indvendig eller udvendig**

Isolering og indeklime er en vigtig del af etableringen af f.eks. boliger i fabriksbygninger. Problemstillingen skal løses arkitektonisk og gerne med udgangspunkt i de påpegede kvaliteter i værdisætningen. Skal man arbejde med en gennemgående strategi, der fx isolerer indvendigt på bekostning af areal, eller isolere udvendigt med ændring af bygningens udtryk? Eller kan man arbejde med en differentieret strategi, der forholder sig til bygningens forskellige elementer og bevarelsesværdier?

### **Materialer og levetid**

Det eksisterende og det tilførte materiale skal kunne leve sammen, og der må derfor tages ekstra hensyn til indeklimatiske forhold og risiko for råd og skimmel i valg af materialer og monteringsprincip.

*Link til rapport:*

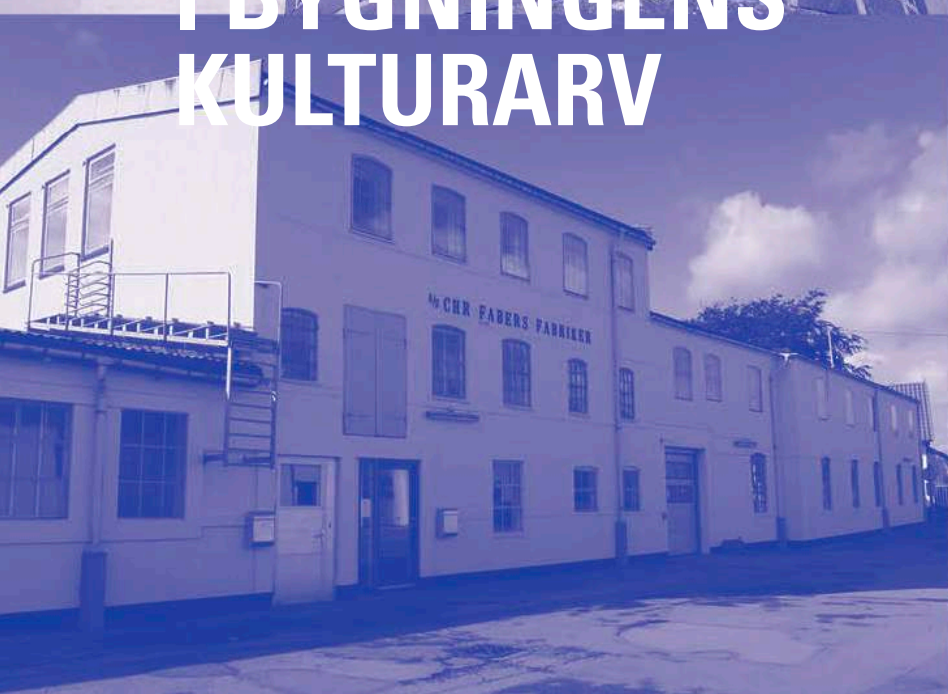
**POSITIONERING OG  
INTERVIEWS MED TEGNESTUER**

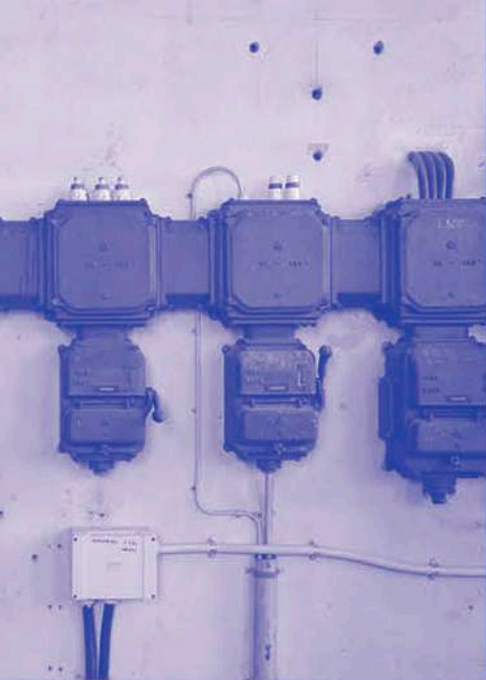




# FOKUSOMRÅDE I

ADAPTIV  
TRANSFORMATION  
MED UDGANGSPUNKT  
I BYGNINGENS  
KULTURARV





# ADAPTIV TRANSFORMATION MED UDGANGSPUNKT I BYGNINGENS KULTURARV

## BYGNINGSKULTURARV KAN INFORMERE OG BERIGE EN BYGNINGSTRANSFORMATION OG UNDERSTØTTE ET ØKONOMISK BÆREDYGTIGT BYGGERI

Stedsidentitet er relateret til kvaliteten af et sted som unikt og forankret i en lokal kontekst, hvor den arkitektoniske kulturarv ofte er bærer af denne identitet i de lokale samfund. Dette er især tilfældet i mindre landsbyer og landdistrikter, hvor sociale ændringer i højere grad er knyttet til en monokultur end i bymiljøer: En landsby, der har udviklet sig omkring landbrug, et kystmiljø, der er opstået omkring fiskeri og handel eller en lille by, der har industrialiseret sig omkring en forretning, råstofudvinding, en gunstig placering eller et miljø. Den lokale identitet er forankret i de fysiske elementer, som bærer den historiske og kulturelle arv. Mange landområder bliver i dag udfordret af demografiske forandringer og især af en bevægelse fra landområderne mod byerne samt ændringer i produktion

og industri. Disse ændringer resulterer i et skift i produktionsmetoder, hvor oprindelige bygninger opgives for at imødekomme nye behov inden for landbrug, industri og husholdning. I Danmark, som i mange andre lande, er resultatet, at de historiske bygninger er i forfald og ofte nedrives, mens nye og mere funktionelle bygninger opføres. Dette fører til et tab af historie og kulturarv i lokalsamfundene. En løsning på dette problem kunne være at fremme adaptivt genbrug af de historiske bygninger, som både vil være mere bæredygtigt og bevare en del af stedets identitet og historie. Udfordringen er, at adaptivt genbrug af historiske bygninger er både vanskeligt og dyrt sammenlignet med at bygge nyt. Det kan derfor virke mere rationelt at nedrive bygningerne og bygge nye

i henhold til moderne og industrialiserede byggemetoder.

Første fase af en omdannelse af arkitektonisk kulturarv, er ofte at gennemføre en analyse og værdisætning af de eksisterende forhold som grundlag for transformations- og konstruktionsprojektet. En værdisætning af bygningens kulturarv har til formål at fremhæve særligt værdifulde elementer, der skal beskyttes under transformation, mens den samtidig viser, hvor i bygningen der er mulighed for at gribe ind og foretage større omdannelser uden at forringe bygningens samlede arkitektoniske og kulturhistoriske værdi.

De udpegede bevaringsværdier kan vedrøre det kulturelle miljø, bygningens funktion, planen, den historiske udvikling, det arkitektoniske udtryk, materialerne og/eller atmosfæren i bygningen. Værdisætningen har som

”Danmarks kulturmiljøer gemmer på en enorm fortællekraft. Afhængigt af hvor du befinder dig, fortæller kulturmiljøerne om stedernes særlige historie og identitet. de stærkeste fortællinger findes ofte i landets yderområder”

## SIMON OSTENFELD PEDERSEN

Lektor

Arkitektskolen Aarhus

hovedformål at beskrive, begrunde og prioritere bevaringsværdierne, da værdisætningen efterfølgende danner grundlaget for mange beslutninger i forbindelse med udviklingen og ombygning.

Værdisættelsen vil naturligvis afvige i forskellige typer af bygninger som for eksempel vurderingen af fabrik, et palæ eller en mølle. Det, der kendetegner industriel byggeri, er en høj grad af rationalitet. Industribygninger vil ofte være præget af store indgreb og udvidelser som et resultat af øget industrialisering og produktion. Denne transformation af industribygningerne over tid er et udtryk for, at bygningerne har været genstand for funktionel udvikling. Når en bygning allerede har gennemgået mange indgreb i sin levetid, kan omdannelsen af bygningen til boliger ses som en naturlig udvidelse af denne tilpasning til nye forhold. En transformation af fx en funktionstom fabriksbygning vil derfor være mulig i ’stedets ånd’, hvis vurderingen bruges som retningslinje for konverteringen. Værdisætning skitserer det specifikke grundlag for omdannelse af

bygningen og kan fungere som en retningslinje til fremtidige transformationer af funktionstomme bygninger, fordi bevaringsværdierne afklares og kan inddrages som et arkitektonisk potentiale i processen.

Værdisætningen er en velkendt metode inden for bevaring og transformation af arkitektonisk kulturarv. For at opnå en transformation, der kan udføres på et økonomisk bæredygtigt grundlag, udfordres den konventionelle arkitektoniske praksis ved at kombinere denne metode med 3D-scanning, digital produktion og modularitet.

### Screening af kulturmiljøer

En stor del af de udpegede kulturmiljøer er allerede kortlagt og beskrevet. Blandt andet i de tidligere Kommuneatlas, der senere blev kaldt både Kulturmiljøatlas og Kulturarvsatlas, i perioden 1990-2007, samt i regionplaner udført af de tidligere amter.

Screeningsmetoden kombinerer de eksisterende registreringer, kortlagt og beskrevet i blandt andet det tidligere Kommuneatlas, med besigtigelser af

kulturmiljøerne, som de foreligger i dag. Kulturmiljøerne vurderes ved en værdisætning af deres kulturhistoriske værdi, arkitektoniske værdi og integritetsværdi. På baggrund heraf vurderes kulturmiljøernes samlede fortælle værdi, der danner grundlag for en udvælgelse og prioritering. Heri indgår også en stillingtagen til kulturmiljøernes egenskaber for at fremme turisme, bosætning, erhverv og kulturformidling, som kan udgøre et udviklingspotentiale i kommunerne. Den viden, der foreligger i kommunerne og museerne, er en integreret del af arbejdsgrundlaget.

Link til rapport:

[\*\*SCREENING AF KULTURMILJØER  
FAABORG-MIDTFYN KOMMUNE\*\*](#)



# VALG AF BYGNING TIL FORSØGSPROJEKT

FABERS FABRIKKER HAR HØJE KULTURHISTORISKE, ARKITEKTONISKE OG INTEGRITETSMÆSSIGE VÆRDIER, HVORTIL KNYTTER SIG VÆRDFULDE BEVARINGSVÆRDIER, SOM GØR BYGNINGEN ATTRAKTIV AT BEVARE GENNEM EN KONVERTERING TIL BOLIGER.

Faaborg-Midtfyn Kommune og Arkitektskolen Aarhus besigtigede tre mulige bygninger til forsøgsprojektet "Modulsystemer i Bygningskulturarven" (MiB). Formålet var at finde en egnet bygning, som rummede væsentlige bygningskulturelle værdier for kulturmiljøet og lokalområdet, men som havde mistet sin oprindelige funktion og krævede en konvertering til boligformål for at kunne bevares. Projektets målsætning var at udvikle et modulsystem, som kunne tilpasses individuelle bygninger og værdier, som ellers var besværlige at konvertere konstruktivt og økonomisk til boliger. Bygninger, der nemt kunne være blevet omdannet i form af en almindelig ombygning, har således ikke været i fokus for dette forsøgsprojekt.

Denne screening vurderede bygningernes værdier og egenskaber med henblik på at finde den mest egnede bygning til projektets formål og gennemførelse.

Bygningen og forsøget skulle danne model for lignende konverteringer af

funktionstomme bygninger med kulturhistoriske og arkitektoniske værdier. Erfaringerne skulle således kunne overføres til lignende bygninger.

Screeningen vurderede syv parametre, som skulle indikere bygningens og kulturmiljøets bevaringsværdi samt bygningens bosætningspotentiale og egenskaber for konvertering til boliger.

## Parametrene for værdisætning og kulturmiljø:

- *Kulturhistorisk værdi*  
En vurdering af bygningens og miljøets historiske betydning og kulturhistoriske fortællerværdi.
- *Arkitektonisk værdi*  
En vurdering af bygningens og miljøets formmæssige og arkitektoniske kvaliteter.
- *Integritetsværdi*  
En vurdering af hvor velbevaret bygningens og miljøets fysiske dele, helhed og sammenhænger er.

## Parametrene for vurdering af bygningens og områdets potentiale for omdannelse til boliger:

- *Bosætningspotentiale*  
En vurdering af potentialet for bosætning i byen og i nærområdet.
- *Rumlige kvaliteter*  
En vurdering af bygningens rumlige kvaliteter, som kan anvendes til boligformål.
- *Egenskaber for konvertering*  
En vurdering af bygningens egenskaber og egnethed for konvertering til boliger.
- *Kompleksitetsgrad (set i forhold til traditionel ombygning)*  
En vurdering af hvor kompleks bygningen er at omdanne til boliger. En lav kompleksitet kan konverteres ved hjælp af traditionel ombygning.



### Konklusion

Fabers Fabrikker har høje kulturhistoriske, arkitektoniske og integritetsmæssige værdier, hvortil knytter sig værdifulde bevaringsværdier, som gør bygningen attraktiv at bevare gennem en konvertering til boliger. Fabers Fabrikker vurderedes endvidere at have et godt potentiale for bosætning, høje rumlige kvaliteter og middel egenskaber for konvertering med en højere kompleksitetsgrad, der samlet gjorde bygningen relevant for forsøgsprojektet.

Det vurderedes endvidere at udviklingen af et modulsystem til omdannelse af Fabers Fabrikker kunne overføres til lignende bygninger og bygningstyper, som findes over hele landet, og hvor kendte systemløsninger ikke kan anvendes.

Arkitektskolen Aarhus vurderede således at den udpegede bygning på Fabers Fabrikker var velegnet som bygning til demonstrationsprojektet og indstillede Fabers Fabrikker i Ryslinge til forsøgsprojektet.



# VÆRDISÆTNINGSRAPPORT

## *KVALITATIVE VÆRDIER*

VÆRDISÆTNINGEN AF BYGNINGEN HAR TIL FORMÅL AT VISE, HVOR I BYGNINGEN DER ER MULIGHED FOR AT GRIBE IND OG UDFØRE INTERVENTIONER, UDEN AT DETTE GÅR UD OVER BYGNINGENS SAMLEDE ARKITEKTONISKE OG KULTURHISTORISKE VÆRDI.

### Tilgang

Det er værdisætningens formål at fremhæve særlige værdier, som bør bevares og benyttes i transformati- ons-, konverterings- og restaurerings- opgaver.

Værdisætningen af bygningen har samtidig til formål at vise, hvor i byg- ningen der er mulighed for at gribe ind og udføre større interventioner, uden at dette går ud over bygningens sam- lede arkitektoniske og kulturhistoriske værdi.

De udpegede bevaringsværdier kan knytte sig til bygningens funktion, or- ganisering, historiske udvikling, ud- tryk, materialer eller den atmosfære, der hersker i bygningsværket. Vær- disætningens vigtigste opgave er at beskrive, begrunde og prioritere beva- ringsværdierne, idét værdisætningen danner grundlag for efterfølgende til- og fravalg i byggeforløbet.

I dette tilfælde med en tidligere fabriks- bygning vil værdisætningen adskille sig fra fx værdisætningen af et palæ eller en vandmølle. Det, der kendeteg- ner industribyggeriet, er en høj grad af rationalitet, og industribygninger vil ofte være præget af store indgreb og tilbygninger som resultat af en øget industrialisering og produktion.

Denne omdannelse af industribyg- ningerne gennem tiden er udtryk for, at bygningerne har været underlagt en funktionsbestemt udvikling. Bygning- erne har tålt mange ændringer, hvilket har krævet en stor tilpasningsevne el- ler en høj tålegrænse - et begreb som vil gå igen i denne rapport.

Da bygningsmassen i forvejen har gennemgået mange indgreb i sin le- vetid med det formål at tilpasse sig nye produktionsmetoder eller vækst i efterspørgsel, ses den kommende konvertering af bygningen til boliger

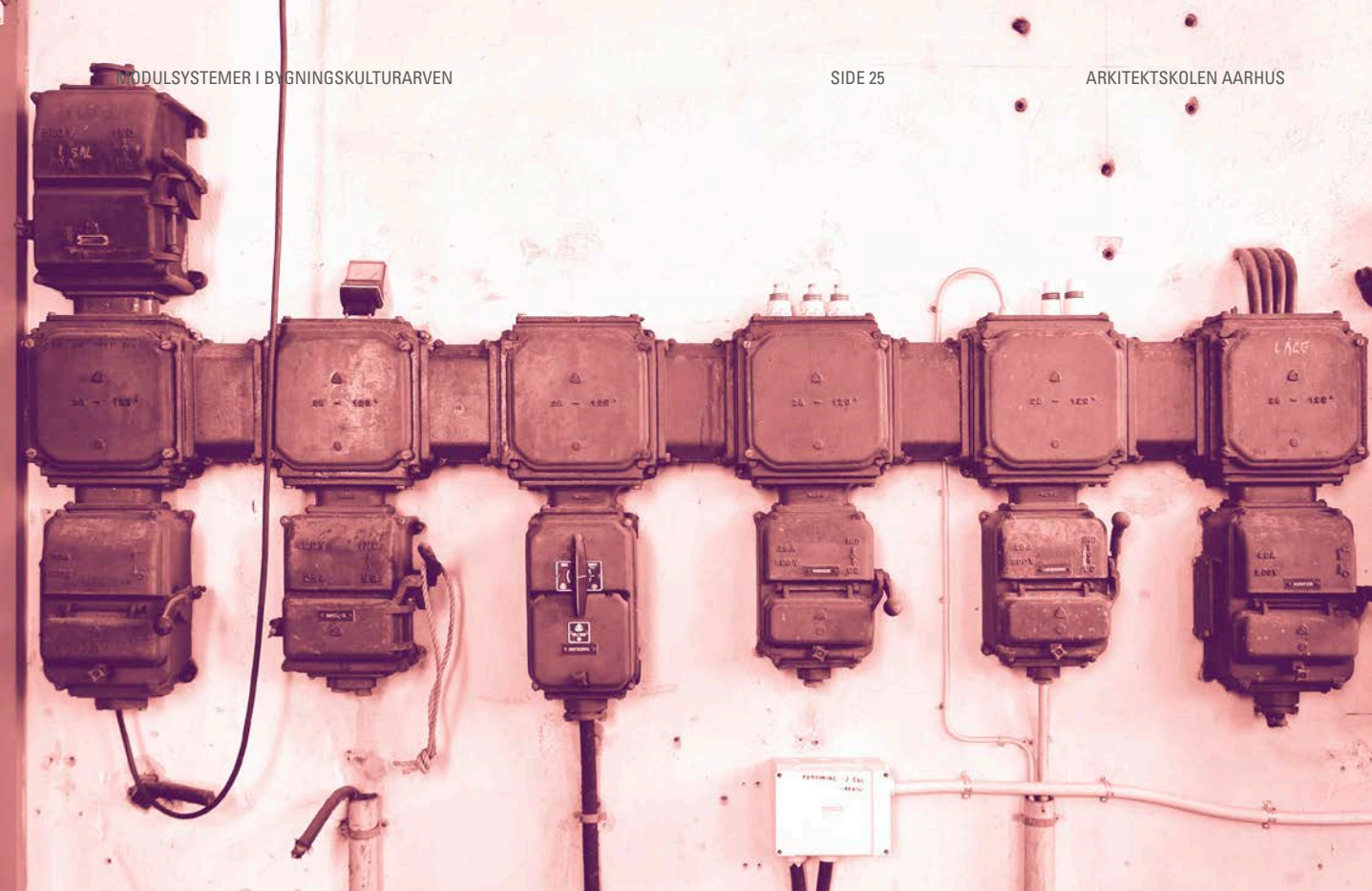
som en naturlig forlængelse af denne 'tilpasning til nye forhold'. En transfor- mation af fabriksbygningen vil derfor kunne foretages i 'stedets ånd', hvis værdisætningen anvendes som ret- ningslinje for omdannelsen.

### Metode

Metodebeskrivelsen i denne rapport har til hensigt at danne et specifikt grundlag for den forestående transfor- mation af Fabers Fabriksbygning i Rys- linge samt at udgøre en guideline for andre transformationer af funktions- tømte bygninger – med udgangspunkt i projektet 'Modulsystemer i bygnings- kulturarven'.

Værdisætningens faser består af en kortlægning, en værdisætning og an- befalinger. Denne proces kan anven- des som udgangspunkt for værdisæt- ningen af ethvert bygningsværk forud for en transformation. Faserne gen- nemgås i de følgende afsnit.





## Kortlægning

Bygningen og den nære kontekst registreres gennem fotografering og en systematisk gennemgang.

Der indsamles kildemateriale om bygningsværket i form af kort, historiske fotos, beskrivelser og tegningsmateriale, hvis det foreligger.

Ud fra det indsamlede kildemateriale og registreringen udvikles der et bud på bygningens udviklingshistorie: Hvilke bygningsdele er oprindelige? Hvilke er kommet til senere? Hvordan har bygningen ændret udtryk gennem tiden?

## Værdisætning

Bygningsværket beskrives gennem ord, billeder og diagrammer og analyseres ift. kontekst, adgangsforhold, rumorganisering, hierarki mm.

Det vurderes på baggrund af bygningens udviklingshistorie og den

arkitektoniske analyse, hvilke bygningselementer der træder frem som bevaringsværdige.

Bygningsværkets bevaringsværdige elementer prioriteres i forhold til hinanden, og den samlede helhed og bevaringsværdien gradueres.

## Anbefalinger

På baggrund af værdisætningen udvikles en strategi for, hvordan bevaringsværdierne opretholdes og føres med ind i det forestående transformationsprojekt.

Bygningsværkets tålegrænser formuleres. Hvor store indgreb kan bygningen tåle, uden at det svækker den samlede helhed? Hvor kan bygningen med fordel udvikles på en måde, som styrker den oprindelige historie og fortælling bag bygningskomplekset?

Der udarbejdes anbefalinger til indgreb i den eksisterende bygningsmasse med afsæt i de formulerede

bevaringsværdier, tålegrænser og udviklingspotentialer.

Link til rapport:

[VÆRDISÆTNING AF FABERS FABRIKKER](#)



# 3D SCAN

## *KVANTITATIVE VÆRDIER*

### LASERSCANNING SOM ANALYSE- OG REGISTRERINGSVERKTØJ I RETAURERINGS OG TRANSFORMATIONSPROJEKTER

#### **Kortlægning og opmåling**

Analog opmåling af eksisterende bygninger er en tidskrævende og omfangsrig proces, men i takt med at den er blevet digitaliseret er denne opgave både blevet væsentlig hurtigere, billigere og ikke mindst langt mere præcis. Laserscanning er en meget effektiv undersøgelsesmetode, der udføres af en laserscanner, hvilket muliggør en hurtig opmåling (scanning) af alt fra landskaber til bygninger, deres inventar og arrangementer samt installationer. Laser scannere bruges også til 3D-undersøgelser af store komponenter og komplekse strukturer og er den ideelle metode til brug i Building Information Modelling (BIM). Med de nyeste teknologier inden for 3D scanning kan der opnås en meget detaljeret og nøjagtig beskrivelse af en bygning på kort tid, hvilket ligeledes har betydet at denne proces med fordel kan benyttes både før, under og efter selve byggeprocessen. I bygninger af høj geometrisk kompleksitet kan man med fordel scanne en allerede færdigbygget del for at kunne sende data

tilbage til en 3D master model, hvor geometrien kan rettes til løbende. Dette var for eksempel tilfældet i Fran O. Gehry's Disney Concert Hall i Los Angeles, hvor 3D modellen kontinuerligt blev opdateret under byggeprocessen for at imødekomme den komplekse geometri.

#### **3D scanning af kulturarv**

I forbindelse med 3D scanning af historiske bygninger kan 3D scanningen dog ikke stå alene som opmålingsmetode, da scanningen ikke skelner imellem de enkelte bygningsdele, der har forskellige grader af bevaringsværdi, men den registrerer alle overflader ligeværdig som punkter med farve i et 3 dimensionalt koordinatsystem. Scanningen kan således ikke stå alene som udgangspunkt for det arkitektoniske indgreb, men er afhængig af en værdisætning baseret på kvalitative værdier udført på traditionel vis. Kombineret med denne værdisætning danner 3D scanningen et fyldestgørende udgangspunkt til at designe og

projektere en transformation af den historiske bygning.

*Link til rapport:*

**3D-SCANNING OG AFGRÆNSNING  
FABERS FABRIKKER**





# BETYDNINGEN AF DEN DIGITALE OPMÅLING FOR UDFORMNINGEN AF PROJEKTET

## HVILKEN BETYDNING HAR DEN DIGITALE OPMÅLING FOR UDFORMNINGEN OG TRANSFORMATIONEN AF NETOP DETTE PROJEKT? HVAD ER FORDELNE?

### Manglende tegningsmateriale

Den digitale opmåling af Fabers Fabrikker er væsentlig på flere forskellige måder. Den har både været meget nyttig på et operativt niveau, dvs. den har gjort udviklings- og projekteringsarbejdet nemmere, og den har været af stor betydning i forhold til udviklingen af en metodisk tilgang til problemstillingen vedrørende den økonomisk bæredygtige transformation af bygningen.

Som i mange andre lignende bygninger fandtes der kun kortmateriale af bygningen i et meget begrænset omfang. Det har således været nødvendigt at generere et tegnings sæt, der kunne være grundlag for ombygningen. Dette er en lavpraktisk udfordring, mange bygherrer står overfor, når der skal sættes ombygningsprojekter i gang, og med 3D scan-teknologien er denne opgave blevet nemmere og meget mere præcis. Et 3D scan af en bygning genererer en virtuel 3D model af bygningen, hvilket giver arkitekten mulighed for at arbejde meget præcist med den eksisterende bygningsmasse. Men den fremmer ikke

nødvendigt forståelsen for implicite kvaliteter af æstetisk, tektonisk eller kulturarvmæssig karakter. Men 3D modellen gør det muligt at afprøve og simulere mulige transformationsindgreb og kan derfor også blive en vigtig ressource i skitseringen og udviklingen af det arkitektoniske projekt.

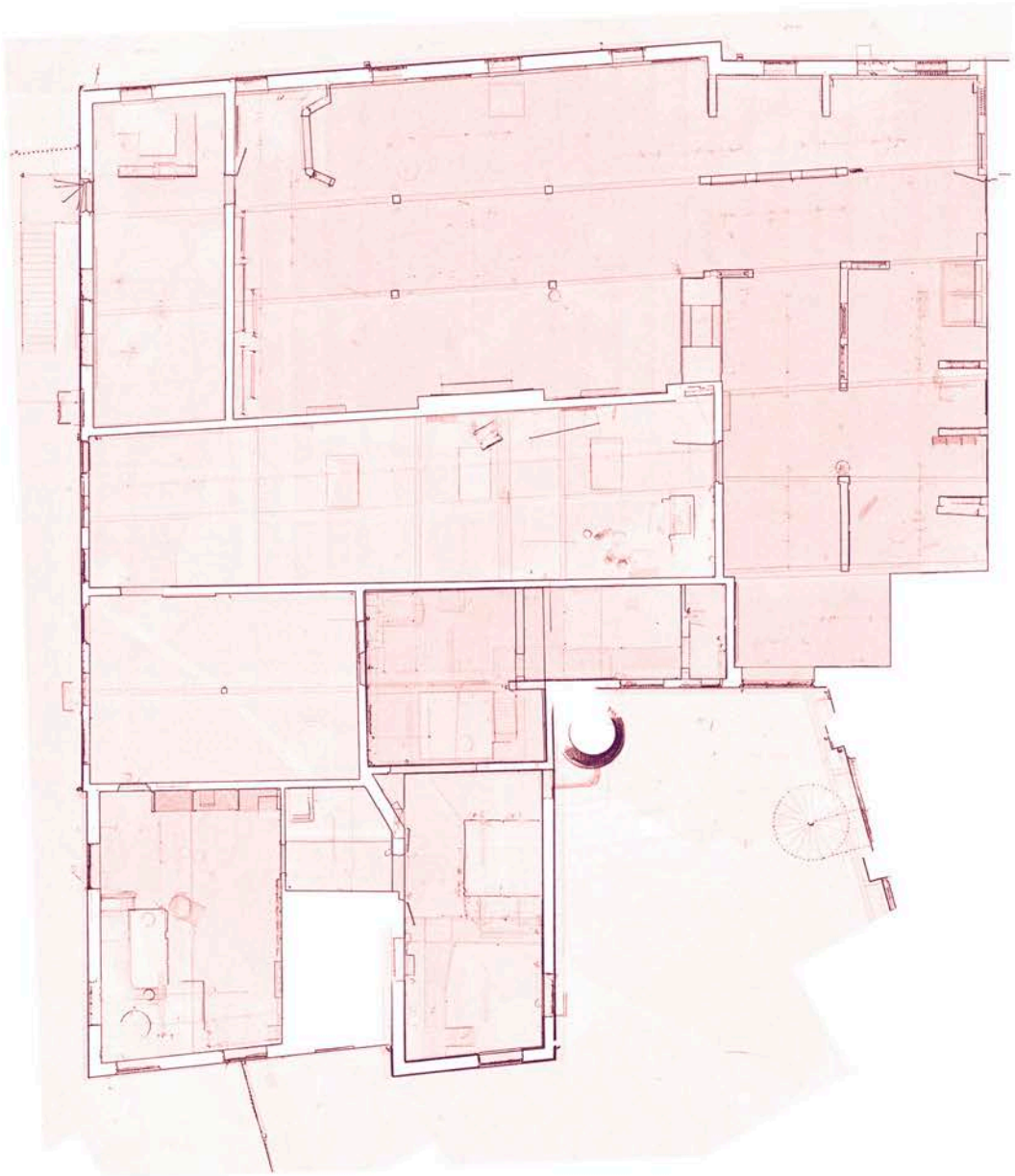
I transformationen af Fabers Fabrikker er den scannede 3D model løbende brugt til at afprøve forskellige metodiske og konceptuelle tilgange, og det har været hensigten at udvikle et design, der bygger på de data, 3D scanet har genereret og samtidig genanvender data i forbindelse med en digital produktion af et modulsystem eller dele heraf. Der har således været et særligt fokus på at udnytte mulighederne i 3D punktskyen fra start til slut af udviklingsprocessen.

### Opmåling til produktion

Udfordringen med Fabers Fabrikker såvel som mange andre historiske bygninger er deres irregulære og upræcise geometri, hvilket også er hovedårsagen til, at ombygninger og transformationer af den slags byg-

ninger er forholdsvis dyrt, da der skal investeres mange håndværkertimer på pladsen. Strategien for transformationen er således at minimere håndværkertimer ved at introducere et standardiseret byggesystem, der ikke følger den eksisterende geometri inde i bygningen. Der opstår herved et sammenstød imellem de skæve gulve, vægge og lofter i den eksisterende bygning og de rigide boligkasser, der skal kunne optages i et samlingsmodul omkring døre og vinduer for at binde eksisterende med nyt.

Disse samlingsmoduler er specialdesignede, da de allesammen er forskellige og efterfølgende digitalt produceret på et værkstad hos en producent. Produktionsfilerne til modulerne er baseret på data fra den oprindelige opmåling, og projektet formår således at minimere og sammenkæde hele processen fra opmåling til produktion.



*Plantegning genereret ud fra 3D scan*

# OVERVEJELSER AF KULTURARVENS BETYDNING FOR UDFORMNINGEN AF PROJEKTET

## HVORDAN KAN KULTURARV INFORMERE EN DIGITAL UDVIKLINGS- OG FABRIKATIONS PROCES?

### Arkitektoniske kvaliteter

Ved kombinationen af kulturarv med modulsystemer og digital teknologi vil der umiddelbart fremkomme en række modsætninger imellem de forskellige områder såsom fx præfabrikation i modsætning til fabrikation på byggepladsen, hastighed i modsætning til præcision, industriel produktion i modsætning til håndværk m.m. Det er ikke nødvendigvis en modsigelse mellem de to sider.

Ved introduktionen af præfabrikerede modulsystemer i eksisterende kulturarvsbygninger ses potentialerne ikke kun i at frembringe en rationaliseret og billig løsning, men også i at formidle arkitektoniske kvaliteter og fortællinger, der understøtter og forstærker stedets identitet og historie og herved bærer kulturen videre.

Brugen af avancerede digitale værktøjer og metoder er her en afgørende faktor for at kunne kombinere de fysiske rammer af den eksisterende kul-

turarvsbygning med et præfabrikeret modulært system.

### Detaljen

En præcis 3D model af den eksisterende bygning generet ved 3D scanning er nødvendig for at levere data til at definere det faktiske mellemrum, hvor den eksisterende bygning og de industrielle producerede bygningselementer mødes. Dette mellemrum spiller en afgørende rolle i artikulationen af samlingen. Nøjagtigheden af 3D-scanningen gør det muligt at producere præcise samlinger til sammenkoblingen af gammelt og nyt.

Den italienske arkitekt og arkitekturteoretiker, Marco Frascari, peger på vigtigheden af detaljen som et grundlæggende arkitektonisk element, der fortæller en historie, "the tell the tale detail" (Frascari 1984). Samlingen er således ifølge Frascari ikke kun et spørgsmål om at skabe en fysisk løsning, men også et aktivt værktøj til

at etablere en arkitektonisk fortælling der i dette tilfælde kan være med til at forbinde det nye med det eksisterende på en måde, der er med til at fortælle historien om bygningen som helhed. Kulturarven indtager således en vigtig rolle i udformningen af de skræddersyede moduler, der udfylder mellemrummet mellem det modulære system og de eksisterende ydre vægge og som både fungerer som fysiske og narrative forbindelser.



# KONCEPT FOR PROJEKTETS ØKONOMI

## KONCEPTUELLE MULIGHEDER FOR AT REDUCERE OMKOSTNINGERNE AF OMBYGNINGEN

En række overordnede udfordringer, der kan have massive økonomiske konsekvenser for ombygningsprojekter af historiske bygninger, er udgifter til miljøsanering, efterisolering og statiske, og derudover er der altid en risiko for, at uforudsete udfordringer dukker op i processen. Samtidig ændres lovkrav, når man skifter funktion i bygningen. Derudover kræver en ombygning af en historisk bygning ofte væsentlig flere håndværkertimer pga. tilpasningsarbejder, da bygningerne ofte ikke længere er i vatter og i lod, men tværtimod har sat sig over tiden. Konceptet for at nedbringe ombygningsomkostningerne af Fabers Fabrikker var således baseret på tre overordnede indsatsområder: at rationalisere materialer, at rationalisere tid og at rationalisere omfang.

Indsatsområdet 'rationalisering af materialer' introducerer en modulær tankegang, der er baseret på standardmaterialer, standardstørrelser og standardløsninger i ombygningen. I stedet for at tilpasse ombygningen til de eksisterende vinkler, er det tanken at bygge modulært og standardiseret

inden for det eksisterende for således at undgå ekstra håndværkertimer og samtidig effektivisere den nødvendige arbejdstid. Der skal i denne sammenhæng være særlig fokus på den arkitektoniske kvalitet af de valgte materialer, både i forhold til æstetikken og i forhold til indeklima og levetid. Indsatsområdet 'rationalisering af tid' bygger videre på nogle af de samme overvejelser fra det første indsatsområde i forhold til at undgå tilpasninger. Samtidig afsøger dette indsatsområde også muligheder for og fordele ved en præfabrikation af udvalgte bygningsdele ved hjælp af digital teknologi og digital fabrikation. Én umiddelbar udfordring herved er ofte, at dette kræver et forholdsvis stort volumen for at være rentabelt. Det er dog en del af forsøgsprojektets hypotese, at det netop er muligt at reducere denne udgift ved hjælp af digitale og parametriske indsatser.

Indsatsområdet 'rationalisering af omfang' forholder sig kritisk til omfanget af nye kvadratmeter, dvs. størrelsen af de nye lejligheder sammenlignet med

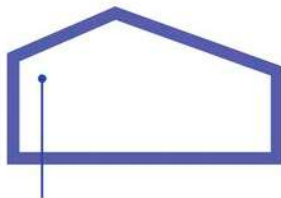
de tilgængelige kvadratmeter til ombygningen i Fabers Fabrikker.

Med baggrund i dette indsatsområde er der blevet udviklet en ombygningsstrategi, der både effektiviserer økonomien ved at begrænse omfang af ombyggede kvadratmeter, samtidig har denne strategi også medført en ny og innovativ lejlighedsform, da der udover det, som almindeligvis ville blive betegnet som lejlighed, opstår indendørs arealer i fabrikken, som bliver tillagt de enkelte lejligheder som ekstra kvadratmeter. Selvom disse arealer ikke bliver opvarmet om vinteren, opstår der en særlig merværdi, der gør boligerne særlig interessante, da fremtidige lejere af boligerne kan udnytte disse arealer til egne formål som f.eks. atelier, værkstad, lejerum m.m. Samtidig er denne ombygningsstrategi også med til at bringe særlige historiske bygningsdele i spil, der vil være med til at videreføre bygningens kulturarv.



## OVERSLAG OVER TILSVARENDE OMBYGNINGSPROJEKTER 2019

### TRADITIONEL OMBYGNING I FAABORG-MIDTFYN KOMMUNE



15.600 kr/m<sup>2</sup>

### OMBYGNING EFTER HUS I HUS KONCEPTET



8.400 kr/m<sup>2</sup>

## MULIGHEDER FOR AT REDUCERE OMKOSTNINGERNE



**INDSATSOMRÅDE**

- Rationalisere materialer

- Rationalisere tid.

- Rationalisere omfang

**METODE**

- Standardmateriale, standardløsninger, færre lag.

- Præfabrikere, bygge med robotter.

- Realisere færre kvadratmeter.

**UDFORDRING**

- Sikre levetid og arkitektonisk kvalitet.

- Volumen, set-up

- Livsstil, adfærd

**EFFEKTIVITET**

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*\*

## Bygningstransformation af Fabers Fabrikker

Der er blevet udviklet en transformationsstrategi for Fabers Fabrikker

med udgangspunkt i værdisætningen af bygningens bevaringsværdige elementer, der skal ses som en vejledning til, hvilke elementer der kan føres med ind i transformationen og videreføre bygningens fortælling og atmosfære til de fremtidige lejligheder

Da de nye boliger skal leve op til andre krav end den oprindelige fabrik, både i forhold til gældende lovgivning og i forhold til den nye funktion, har det været nødvendigt at gå på kompromis med nogle bevaringsværdier, og i den sammenhæng har værdisætningsrapporten dannet retningslinje for udvælgelsen.

Ud over bevaringsværdierne i den eksisterende bygning har der også været særlig fokus på at udvikle en transformationsstrategi, der er økonomisk bæredygtig.

For at komme i mål med ønsket om at bevare væsentlige bevaringsværdige elementer og samtidig holde projektoekonomien på et relativt lavt niveau, er der blevet anvendt digital teknologi, både i forhold registreringen (3D scan) og produktionen af specifikke moduler (5 akset cnc).

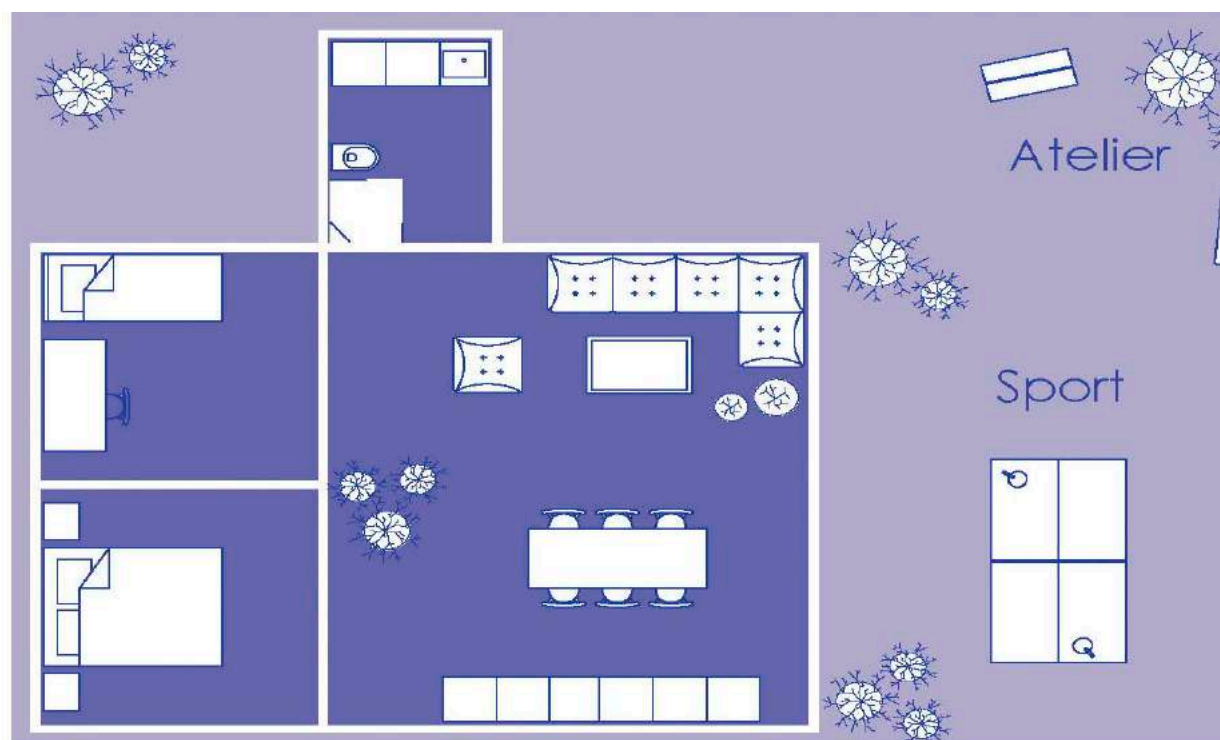
Det fremgår af værdisætningsrapporten, at bygningskomplekset har bevaret mange af sine oprindelige bygningselementer, hvoraf flere med fordel kan indgå i et transformationsprojekt. Bygningselementerne tilfører i mange tilfælde bygningen en særlig stemning og autenticitet, samtidig med at de rummer en fortællerværdi.

Det er elementer som romerdækket, søjlerne, branddørene, skorstenen og de oprindelige støbejernsvinduer, der indikerer, hvilken funktion bygningen har rummet, og hvilken historie den har gennemgået. Derfor udgør disse elementer bygningens bærende bevaringsværdier.

De overordnede bevaringsværdier knytter sig til bygningskompleksets organisering med den strømlinede forside og de udprægede knopskydninger bagtil. Denne opbygning er vigtig for at forstå fabrikkens vækst samt dens tilknytning til den nu nedlagte jernbane.

Det tilfører ligeledes bygningen en stor fortællelemæssig værdi, at tilvæksten af bygninger kan spores i såvel facaderne som i vinduerne, der varierer fra de ældste til de yngste bygninger. Variationen i vinduernes udformning og størrelse giver hele bygningsanlægget et livligt og interessant udtryk i facaden. I bagbygningerne er vinduerne placeret med en asymmetrisk orden, som er tidstypisk for funkisstilen, og som tilfører bygningens bagside arkitektonisk værdi.

En stor udfordring i transformationen af bygningen er energikravene, som de nye boliger skal leve op til, og som er meget svære at indfri uden at kom-



promittere bevaringsværdierne for facaden eller de indvendige overflader som fx romerdæk og de eksisterende vinduer. Samtidig udgør efterisoleringen af bygninger som Fabers Fabrikker, der er meget irregulært og geometrisk skæve, typisk en meget væsentlig del af ombygningsbudgettet.

Transformationsstrategien prøver i høj grad at imødekomme så mange anbefalinger i værdisætningsrapporten som muligt, men etablerer samtidig et hierarki i anbefalingerne. Hierarkiet er bygget på de konkrete krav til de enkelte boliger og boligkomplekset, der løbende bliver konkretiseret i samarbejde med bygherren og andre involverede parter.

Mest afgørende for transformationsstrategien i dette projekt er forholdet imellem det tilgængelige areal i fabrikken og størrelsen af de nye boliger, hvilket hurtigt pegede på, at det ikke ville være nødvendigt at udvide bygningen, men at der til gengæld ville

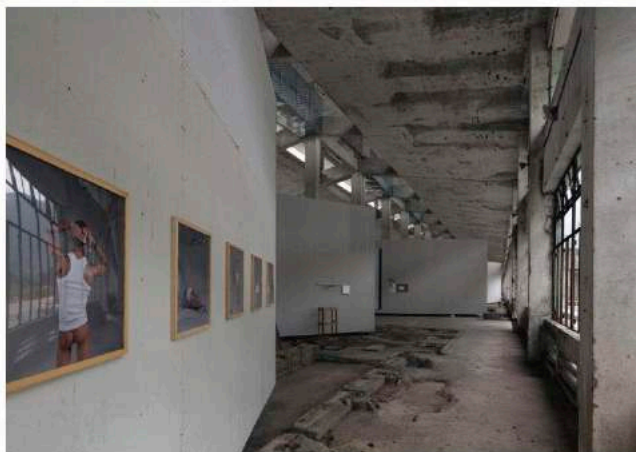
blive overskydende indeareal, som der skulle tages højde for.

Den udviklede transformationsstrategi er således baseret på et hus i hus koncept, hvor de nye boliger bliver placeret i selvstændige træbokse, løstrevet fra den eksisterende bygning, kun sammenkoblet omkring døre og vinduer.

Boksene er baseret på et modulært system, der ikke skal tilpasses bygningens skævheder og samtidig har integreret den nødvendige isolering. Dvs. den eksisterende bygning udelukkende agerer som klimaskærm, men ikke skal efterisoleres på traditionel vis.

Lejlighederne inde i boksene udføres som moderne lejligheder der opfylder de almindelige krav, der stilles til nyopførte lejligheder. Der bliver således ikke taget særlig stilling til placeringen af lejlighederne i Fabers Fabrikker. Til gengæld bliver overskudsarealet rundt om boksene, der fremstår rå

og originalt, til en del af lejlighederne, som lejerne frit kan råde over. Derved kan mange af de anbefalede bevaringsværdier bevares samtidig med, at der kan etableres moderne boliger til en bæredygtig pris.





# FOKUSOMRÅDE II

ANVENDELSEN AF  
DIGITALE REDSKABER I  
BYGNINGSKULTURARVEN



# ANVENDELSEN AF DIGITALE REDSKABER I BYGNINGSKULTURARVEN

HVORDAN KAN DER VED ANVENDELSEN AF DIGITALE REDSKABER LAVES KVALITETSFULDE OG ØKONOMISK FORSVARLIGE OMDANNELSER AF VORES ARKITEKTONISKE KULTURARV?

## Parametriske strategier

I udviklingsprojektet søger vi at finde digitale parametriske strategier, der kan være anvendelige i forbindelse med bevaring og transformation i bygningskulturarven. Parametri forstås her som et system, hvor den direkte sammenhæng imellem bygningens elementer indgår i processen med at designe og realisere byggeriet. Vi afprøver metoder til at omsætte nedskrevne bevaringsværdier til håndgribelig geometri.

Koblingen imellem transformation af bevaringsværdige bygninger og parametri er endnu ikke udbredt i praksis, men de mødes i det fælles udgangspunkt, at de ikke er standardiserede. Når vi arbejder med transformation eller bevaring af en eksisterende bygning, vil det næsten altid være unikke projekter og afhængig af bygningens stand kræve en skræddersyet løsning. Parametri har netop sin styrke i det ikke-standardiserede, idet vi kan skabe store mængder af skræddersyede,

modulære løsninger ud fra relativt få parametre.

Parametri skal forstås som sammenhængen mellem forskellige elementer eller parametre i et projekt. Den parametriske proces er ikke lineær, men har karakter af et kontinuert loop, hvor data fra alle faser influerer hinanden. Det handler grundlæggende om at identificere de arkitektoniske parametre, som har indflydelse på projektet. Disse parametre kan, ligesom i matematikken, opdeles i variabler og konstanter, hvilket er afgørende for at kunne bestemme projektets frihed i såvel form som indhold. For at kunne etablere en digital, parametriske model skal de udvalgte arkitektoniske parametre omsættes til numeriske værdier eller funktioner, og deres relationelle forhold beskrives via en algoritme, som giver et resultat.

## Den parametriske metode

Den parametriske metode og det modulsysteem, der er blevet udviklet, er

baseret på en udviklings- og fabriktionsproces, der tager udgangspunkt i den klassiske løsningsmodel, der kendes fra "Ydelsesbeskrivelsen for Byggeri og Planlægning". Metoden afviger dog strategiske steder fra den klassiske løsningsmodel for netop at give mulighed for at introducere digital teknologi, både i forbindelse med udviklingsarbejdet, men i høj grad også i forbindelse med den digitale produktion. Målet er at udvikle et modulsysteem, der baserer sig på parametri og digital fabrikation, og som kan anvendes i forbindelse med transformation af bygninger med særlig værdi som kulturarv.

Metoden er efterfølgende blevet testet i pilotprojektet, hvor Fabers Fabrikker skulle omdannes til boliger.

## Modulsysteemet opdelt i digitale- og konventionelle byggeteknikker

Det grundlæggende princip for den udviklede metode baseres således

# “En kobling i mellem transformation af bygningskulturarv og parametri er ikke nødvendigvis indlysende, men de finder fælles fodslag i det ikke standardiserede.”

også på en adskillelse af digitale og konventionelle byggeteknikker. Erfaringen har vist, at håndværkerudgifter i renoveringsprojekter ofte er relativt høje, da der skal laves mange tilpasninger og skræddersyede løsninger. Grundprincippet for metoden er således, at de digitale processer erstatter tilpasningsarbejder på byggepladsen, og håndværkerne udelukkende udfører standardiseret arbejde fx i forbindelse med montage af moduler m.m. Modulet er netop klassificeret ved at være en detaljeret komponent, som dikterer relativt rigide hovedgreb. Modulet fordrer typisk en 'bottom-up' tilgang til formgivning, hvorimod transformationsstrategier i bygningskulturarven afkræver en 'top-down' tilgang til formgivning, idet det overordnede bygningsvolumen i vid udstrækning vil være defineret fra starten. Men brugen af parametriske redskaber tillader netop en høj grad af modulær, formgivningsmæssig frihed, idet modulet kan være defineret

fra starten, men ikke nødvendigvis geometrisk. Den fysiske geometri dikteres således af eksterne parametre; i dette tilfælde en point cloud. "Mass customisation" er et relativt kendt og vidt beskrevet begreb, som netop kan bruges til at adressere unikke problemstillinger (såvel 'top-down' som 'bottom-up'), som dem vi finder, når vi bearbejder bevaringsværdige bygninger som Fabers fabrikker. Fordi forberedelsen af den digitale geometri, fabrikationsfiler og selve den digitale fabrikation kan være en særdeles tidskrævende proces, består den reelle udfordring for dette modulsystem i at begrænse brugen af de parametriske redskaber (især fabrikationsredskaberne) til det mest nødvendige, fordi det på nuværende tidspunkt (2019) i denne kontekst kun kan udkonkurrere konventionelle, industrielle arbejdsmetoder på præcisionen, men ikke på effektiviteten.

I udarbejdelsen af modulsystemet til dette projekt er der derfor konsekvent

arbejdet med en opdeling af digitale og konventionelle byggeteknikker.

Link til rapport:

**[PARAMETRISK METODE & MODULSYSTEMER](#)**





**"UMIDDELBART KAN DET FOREKOMME PARADOKSALT AT BENYTTTE MODULER TIL AT ADRESSERE TRANSFORMATIONSSTRATEGIER I BYGNINGSKULTURARVEN. MODULET ER NETOP KLASSIFICERET VED AT VÆRE EN DETALJERET KOMPONENT, SOM DIKTERER RELATIVT RIGIDE HOVEDGREB."**



## Potentialer

Eksemplificeringen af den parametriske metode viser store potentialer i forhold til sammenhængen imellem standardiserede bygningskomponenter og specialtilpassede bygningsdele, som har en særlig rolle i transformationsprojekter. Den viser samtidig potentialerne i anvendelsen af 3D scanning af en kompleks bygningsmasse til både programmatisk formål og konkrete formål i forbindelse med udvikling af løsninger og fabrikation af skræddersyede løsninger. Vi kan se mange fordele ved anvendelsen af denne metode både i forhold til udviklingen af arkitektur af høj kvalitet, men også i forhold til bæredygtighed og økonomi. Den største udfordring ser vi i forhold til anvendelsen af denne metode på kort sigt og i særlig høj grad i udførelsen. Metoden forudsætter en vis omstillingsparathed og muligheden for at starte mindre produktioner af skræddersyede elementer og komponenter, som store

dele af byggeindustrien af forskellige årsager ikke har mulighed for endnu.

## Eksemplificeringen

Det udviklede modulsystem er baseret på lokale ressourcer i forhold til tilgængelig teknologi og lokale materialer, og det illustrerer potentialerne i anvendelsen af det parametriske modulsystem på en konkret bygning med udgangspunkt i regionale muligheder. Pilotprojektet viser de konkrete potentialer i anvendelsen af moderne teknologi til at udvikle og producere tilpassede løsninger, som samtidig kan betegnes som simpel i forhold til opbygningen. Metoden fokuserer særligt på forholdet imellem standardiserede løsninger og specialtilpassede løsninger, men derudover ser vi også et stort potentiale for yderligere at integrere store dele af installationerne som f.eks. varmelegemer i gulv- og vægelementer, vandinstallationer i gulv- og vægelementer og mange forskellige former for integreret møblelement i primært vægelementer.

Vi ser også muligheder for genanvendelse af materialer (upcycling) fra den bygning som transformeres.

## Parametriske muligheder og udviklingspotentialer

Den udviklede metode er baseret på et parametrisk princip, der kan udfolde sig på mange forskellige niveauer og grader af kompleksitet. Afgørende for det parametriske princip er sammenkoblingen af digital udvikling af digital fabrikation med udgangspunkt i en 3D scanning af bygningsmassen. Alt efter behov og kapacitet og de lokale ressourcer, kan denne sammenkobling udfoldes på mange forskellige måder. Eksemplificeringen er baseret på et standardiseret byggemateriale (krydsfiner 1220 x 2440) og simpel 3-akset CNC teknologi. På lang sigt ser vi også muligheder for anvendelse af fx robotteknologi, 3D print, 5-akset CNC etc.

# ”En enkel, veldefineret og afgrænset parametrisk model ville kunne tilpasses en mangfoldighed af situationer i andre, men lignende problemstillinger”

## Udfordringer

Det er kun ganske få årtier siden, at parametriske værktøjer blev introduceret i arkitektonisk sammenhæng, og det er derfor vigtigt at holde sig for øje, at implementeringen af parametriske begreber og teorier i byggeindustrien halter langt bagefter i forhold til andre industrier. Efter den overordnede gennemgang af parametriske metoder og redskaber i de typiske arkitektoniske faser, står det derfor også klart, at faser, der indeholder parametrisk modellering, formgivning og fabrikation, i øjeblikket er langt mere tilgængelige og finder lettere praktisk anvendelighed end andre faser som for eksempel planlægning og udførelse. Denne rapport har af samme grund heller ikke adresseret drift og vedligehold, hvor bygningens tilstand og forfald over tid ville kunne registreres ved at sam-

menstille forskellige point cloud-modeller. Udskiftning og vedligehold af bygningsdele ville således også kunne indtænkes som en parameter, hvor slidte moduler let kunne udskiftes og fabrikeres på ny. Fremtidige transformationer og udvidelser kunne tænkes videreført på de principper, der bliver grundlagt her og således lette fremtidige projekter. At forestille sig en komplet parametrisk model, hvor alle relevante data fra alle faser informerer hinanden, og i øvrigt er fuldstændig koordinerede imellem alle involverede parter er i øjeblikket ikke sandsynligt. Dertil kommer at de - ofte akademiske - projekter, der succesrigt formår at skabe en sammenhængende datakæde, kun adresserer simple arkitektoniske parametre som f.eks. konstruktionsprincipper eller æstetiske hensyn, og i øvrigt kun udformes til at kunne bære

nogle af de simpleste arkitektoniske funktioner såsom ly. Et holistisk arkitektonisk projekt må naturligvis kunne adressere alt fra program til kontekst, funktion, brugernes behov og sociale relationer, lokalplaner, bygningsreglement, konstruktive principper, materialehensyn, økonomi etc. Hvis man opererer med for mange variabler, kan den parametriske proces dog blive for omfattende og derved øge projektets kompleksitet unødigt.

## Fordele

En enkel, veldefineret og afgrænset parametrisk model ville kunne tilpasses en mangfoldighed af situationer i andre, men lignende problemstillinger. Da metoden tillader en universel tilgang og giver en lang række svar, er det således oplagt at benytte den som udgangspunkt i projekter, hvor svare-

ne ikke på forhånd er givet. Særligt når situationen afkræver åbne svar i en stor del af processen. Dertil kommer, at modellen indskrives sig i et flux, der afkræver, at der tænkes længere og bredere end det afsluttede projekt – og dermed lægger sig op ad en mere cirkulær tænkning. Modellen er således en måde at styre afgrænsede, men komplekse processer med simple parametre. Dataflowet og konsekvenserne af visse beslutninger er i disse processer lettere at gennemskue, da feedbackloopet tillader, at flere spor kan afsøges til ende inden de iværksættes. Den parametriske model gør det derfor lettere at inddrage inputs fra andre faggrupper.

## Anbefalinger

Kompleksitet opbygges af simple regler. Det er derfor altafgørende at

identificere hvilke få parametre, der er de vigtigste for at kunne skabe et parametrisk modulsystem, der kan være bredt anvendeligt i forbindelse med bevaring og transformation i bygningskulturarven. En parametriske model egner sig særligt godt til indtænkning og udvikling af modulsystemer, da projektets setup og forløb har en indbygget fleksibilitet, der tillader løbende tilpasning af størrelser, afprøvning af forskellige geometrier samt rationalisering af disse. Denne rapport skal derfor læses som en introduktion og opfordring til parametriske tænkning, hvor det anbefales at anvendelsen bruges specifikt og afgrænset. Den er således et oplæg til en strategi, der komplementerer den konventionelle fremgangsmetode.

# DIGITAL OPMÅLING

## HVORDAN 3D SCANNING KAN BRUGES TIL ANALYSE OG RESTAURERING AF HISTORISKE BYGNINGER

### 3d scanning af historiske bygninger

Laserscanning er meget udbredt i forbindelse med analyse og restaurering af arkitektonisk kulturarv, og der har været en række forskningsprojekter, som har beskæftiget sig med oversættelsen af data fra 3D scanning til forskellige 3D modelleringsværktøjer. Overordnet set er en af udfordringerne at fastlægge den passende grad af præcision i oversættelsen fra punktsky til volumenmodel.

I øjeblikket findes der mange forskellige typer scannere med forskellige hastigheder, præcisionsgrad, intervaller, holdbarhed og generelle anvendelser. Uanset hvilken scanner der bruges, er det grundlæggende princip det samme. En laserstråle sendes ud, og for hvert punkt i en overflade som laseren rammer, registreres et xyz-koordinat. Samtidig registrerer scanneren refleksionen af overfladen, der giver en intensitetsværdi, og i dag har de fleste scannere også indbyggede kameraer, der giver farve og en RGB-værdi til

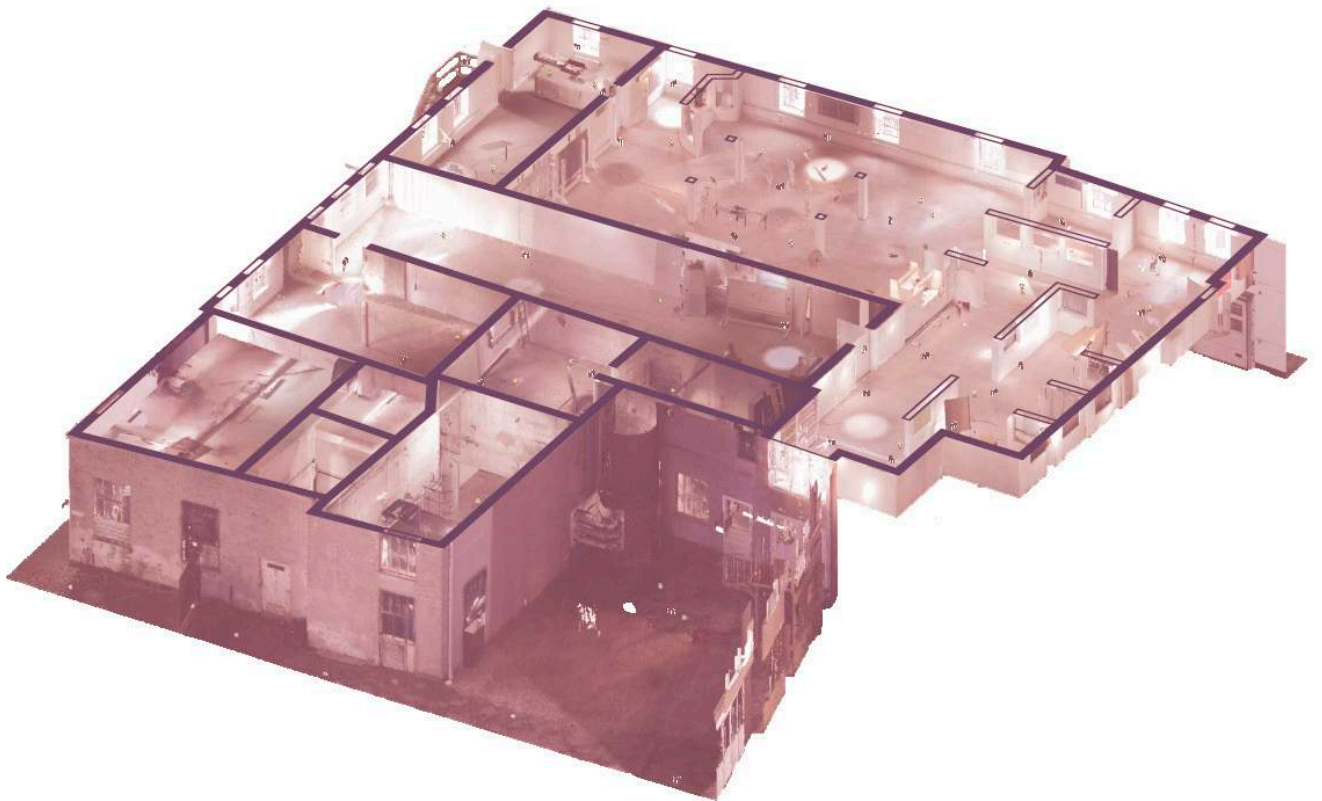
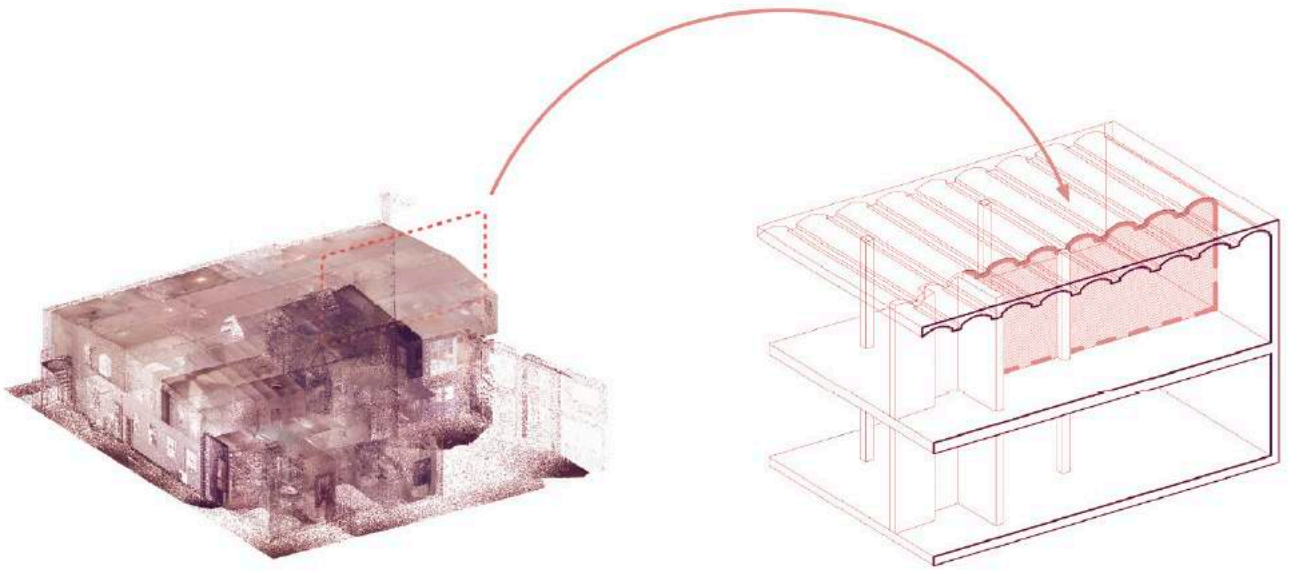
hvert punkt. Disse punkter fanges med hastigheder på op til 1 million punktdata per sekund, hvilket skaber en meget tæt punktsky. Når alt data er blevet registreret og rengjort, kan 3D modellen importeres som en polygonmodel/mesh i fx AutoCad, Revit, Rhino eller lign.

Det overordnede mål er at producere et datasæt, der er begrænset til kun at indeholde det nødvendige antal af punkter for at begrænse datamængden, men som samtidig har den rigtige opløsning for at bruge den som grundlag for alle de planlagte indgreb, både i forhold til skitsering og projektering. I forhold til transformationen af Fabers Fabrikker er der blevet udført et overordnet 3D scan i starten af projektperioden. Dette indledende 3D scan omfattede hele bygningen og var sammensat af ca. 60 individuelle 3D scans. Den overordnede præcision var generelt meget høj, og det har været nødvendigt at reducere den i løbet af processen for at holde 3D filerne på et operativt niveau. Det indledende 3D scan blev primært brugt til ompro-

grammeringen af bygningen og til at generere en 3D model af det eksisterende, da der ikke fandtes tegninger over bygningen.

Senere i projektforløbet blev der udført supplerende 3D scanninger i forbindelse med mere konkrete indgreb og sammenkoblinger af det eksisterende med de nye lejligheder. Disse supplerende 3D scans blev udført bestemte steder i bygningen, fx af en række vinduesåbninger, for at skabe et mere detaljeret grundlag for en digital produktion af samlingsmoduler produceret onsite i et værksted.

En af de største udfordringer ved anvendelse af 3D scanning i byggeriet pt. er således den enorme datamængde, der bliver genereret, og som er svær at anvende i et operativt workflow.



# DIGITAL FABRIKATION

## HVORDAN DIGITAL FABRIKATION KAN INDSKRIVES I PROCESSEN

Afgørende for forsøgsprojektet har bl.a. været at undersøge præmisserne for, hvordan og i hvor høj grad digital fabrikation kan bidrage til en transformation af historiske bygninger. Det er i denne sammenhæng vigtigt at påpege, at det er i sammenspillet mellem den digitale opmåling og digital produktion, at der er gode muligheder for effektivisering.

Fabrikationsdelen drager i høj grad nytte af at være direkte associeret med den digitale model, der er baseret på 3D scanningen.

Digital geometri er numerisk beskrevet via xyz koordinater, som således kan aflæses direkte af et software, som sender data videre til det digitale fabrikkationsværktøj.

Dette betyder, at når parameterens værdi ændres, vil resten af geometrien og fabrikkationsfilerne (g-koderne) automatisk blive opdateret. Samtidig er nogle af disse parametre direkte relateret til den valgte fabrikkationsmetode. For eksempel kan man forestille sig, at en krydsfinerplade, der måler

2440 x 1220 x 18 mm, vil være en konstant parameter.

Der findes mange forskellige former for digitale fabrikkationsværktøjer, hvoraf de mest industrielt udbredte er CNC-fræsning, laserskæring, 3D print og robotstyret fabrikkation. Sidstnævnte kan bruges i nærmest uendeligt mange sammenhænge, idet robotens yderste led kan udstyres med stort set alle typer værktøjer fra motorsave og mejsler til varmpistoler. Dog skal man være opmærksom på, at der i forbindelse med alle disse typer af fabrikkation - særligt robotfabrikkation - ofte kan være krævet en større mængde computerprogrammering.

I forbindelse med transformationen af Fabers Fabrikker til boliger er der blevet eksperimenteret både med 3 og 5-akset CNC skæring såvel som robotstyret fabrikkation. Den digitale fabrikkation skulle i den forbindelse bruges til fremstillingen af samlingsmoduler, der forbinder den eksisterende bygningskrop med de nye boenheder (boliger), der udgøres af lukkede trækasser, som

bliver placeret i de eksisterende rum i fabrikken.

Designet af modulerne er baseret på 3D scanningen på ydersiden og den regulære geometri af boenhederne på indersiden. Mellemrummet (lysningsmodulerne) er designet ved hjælp af parametriske principper, der gør det muligt at generere individuelle moduler for alle åbninger.

De parametriske genererede moduler kan efterfølgende produceres på forskellige måder i forskellige materialer. Fælles for de forskellige fabrikkationsmetoder er det digitale udgangspunkt og det digitale arbejdsflow fra digital model til fysisk modul. Selvom de forskellige fabrikkationsmetoder har forskellige forudsætninger er fremgangsmåden principielt den samme.



# MODULSTRATEGI OG BYGGEKONCEPT

## I SPÆNDINGSFELTET MELLEM DET STANDARDISEREDE OG DET UNIKKE

Som udgangspunkt for den beskrevne metode er to hovedundersøgelser nødvendige som grundlag for omdannelsen af bygningen. Én undersøgelse baseret på kvantitativ information, der præcist beskriver bygningskompleksets fysiske geometri. En anden undersøgelse baseret på kvalitative kriterier, der beskriver bygningens kulturarmæssige værdi.

Med udgangspunkt i de to undersøgelser udvikles et transformationskoncept. Da rumlighederne var hensigtsmæssige, og det tilgængelige areal oversteg det nødvendige areal for ombygningen, pegede undersøgelserne bl.a. på, at en indvendig transformation ville være det mest hensigtsmæssige i denne sammenhæng. Transformationskonceptet skal således påpege detaljeret, hvordan denne transformation skal udføres. Og da økonomisk bæredygtighed er kernen i projektet, udvikles økonomiske modeller på et tidligt tidspunkt, og de fungerer som et afgørende evalueringskriterium. Erfaringer fra andre transformations- eller genanvendelsesprojekter viser, at en af nøglefaktorerne for de relativt høje omkostninger i transformationsprojekter er det faktum, at et transfor-

mationsprojekt på grund af mange tilpasninger til uregelmæssigheder i den eksisterende bygningsstruktur kræver relativt mange håndværkertimer på byggepladsen. Og da udgifterne til arbejde i en dansk kontekst er relativt høje, spiller det en betydelig rolle i budgetteringen af byggeprojekter.

Med udgangspunkt heri skelner transformationskonceptet mellem manuelt byggearbejde på stedet og standardiserede byggearbejder, der er baseret på digital fabrikation.

Transformationskonceptet prøver at begrænse håndværksarbejdet til udelukkende at omfatte standardiserede processer som fx at sætte modulære skillevægge op. Alle tilpasningsarbejder projekteres og fabrikeres via digital teknologi og skal blot monteres af håndværkere på byggepladsen.

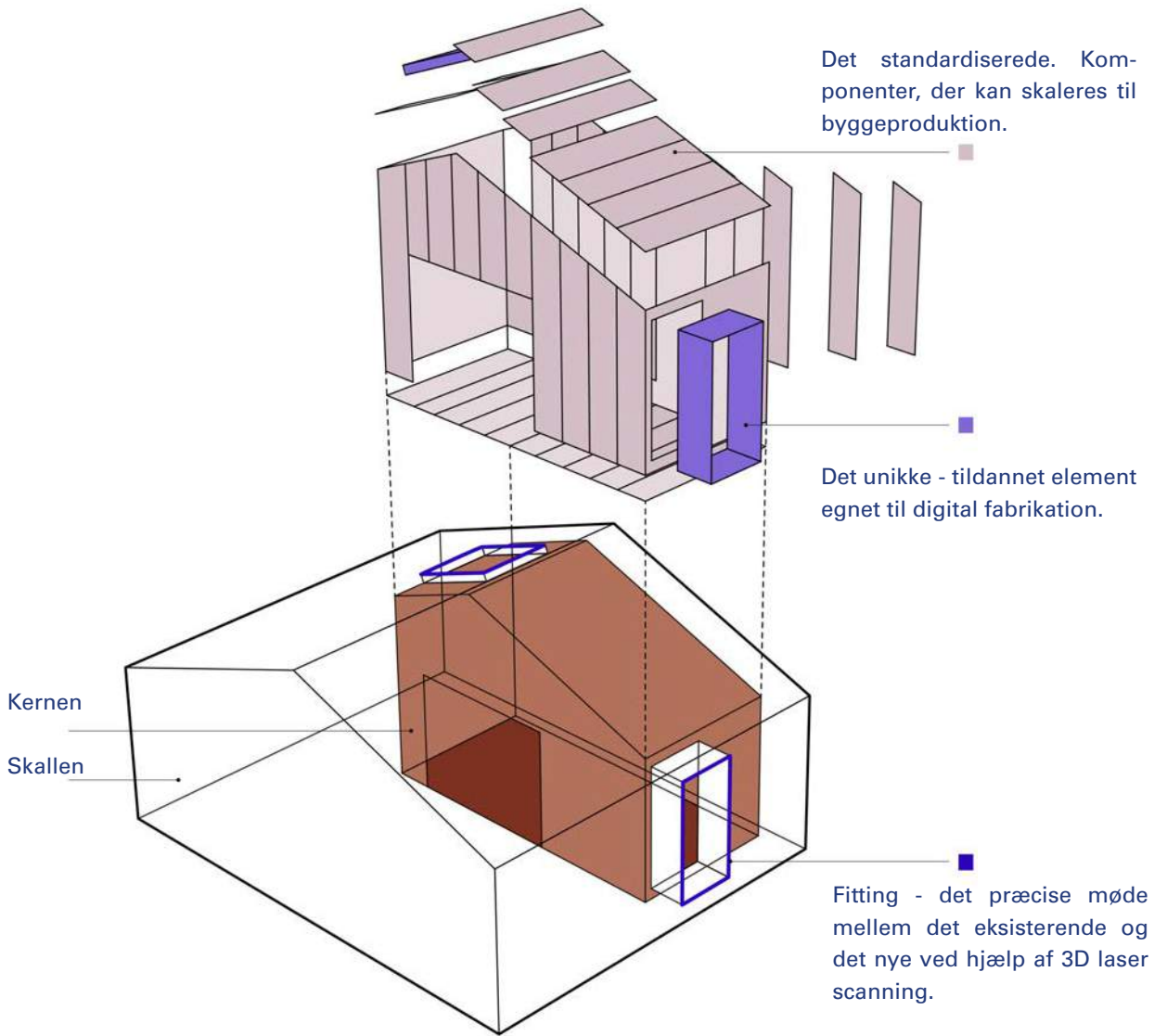
For at imødekomme dette koncept mest muligt er transformationen baseret på et hus-i-hus-princip, hvilket betyder, at uafhængige strukturer, der indeholder lejlighederne, bygges inde i de eksisterende fabrikslokaler. For at optimere byggearbejdet på stedet er denne indbyggede struktur baseret på standardmaterialer og et modulært grid, som ikke tilpasser sig den aktuel-

le kontur af de eksisterende rum, men følger sin egen logik. Disse uafhængige strukturer skal opfylde alle gældende krav i henhold til isolering og indeklima, men behøver ikke at bekymre sig om udfordringerne i forbindelse med at agere klimaskærm.

Digitalt udviklede og fabrikerede samlingsmoduler forbinder boenhederne med den eksisterende bygningskrop rundt om vinduer, tagvinduer og døre. Disse samlingsmoduler er designet parametriske med udgangspunkt i det oprindelige 3D scan på ydersiden og det standardiserede vægssystem på indersiden.

Denne kombination af traditionelt håndværk på byggepladsen baseret på standarder og digital fabrikation af unikke moduler offsite har både ført til en reduktion af anlægsomkostninger og samtidig introduceret en ny og spændende måde at genanvende eksisterende bygninger, der bringer eksisterende kvaliteter i spil på en ny måde.





# FABRIKATION AF PROTOTYPER AF SAMLINGSMODULER

## DIGITALE EKSPERIMENTER I FORBINDELSE MED PARAMETRISK UDVIKLING OG DIGITAL FABRIKATION AF SAMLINGSMODULER

Det udviklede transformationskoncept, baseret på traditionelt håndværk på den ene side og parametriske udvikling og digital fabrikation på den anden side, forudsætter en nærhed mellem den digitale model og den digitale fabrikation. I bedste fald bliver modulerne designet i forhold til en specifik fabrikationsmetode for at kunne optimere modellen med hensyn til de muligheder og begrænsninger i den valgte fabrikationsmetode eller det anvendte materiale.

Opdelingen af projektet i traditionelt standardiseret håndværk og digital fabrikation har udover de økonomiske besparelser også gjort det muligt at forlænge udviklingsperioden for samlingsmodulerne, fordi de ikke indgår som en del af det projekt, der er blevet sendt i udbud, men derimod blev håndteret som en bygherreleverance for at sikre den bedst mulige dialog imellem udvikling og fabrikation. Dette har forlænget udviklingsfasen for samlingsmoduler omkring vinduerne i Fabers Fabrikker, lysningsmodulerne, således at de kunne udvikles sideløbende med boenhederne og helt frem til licitationstidspunktet.

Den ekstra tid, der blev frigjort, kunne bruges til at udforske flere forskellige teknikker og materialer og har således bidraget til et mere informeret resultat i sidste ende.

Det er ofte tilfældet at den samme geometri kan produceres i forskellige materialer og med forskellige teknikker. Det har også været tilfældet i forbindelse med lysningsmodulerne til Fabers Fabrikker. Der er blevet fokuseret på to forskellige digitale fabrikationsmetoder og ligeledes to forskellige materialer.

Den første fabrikationsmetode var baseret på skæring med såkaldt abrasive wire på en industriel robot. En metode der ofte bliver brugt i forbindelse med at skære i marmor eller andre former for natursten. Udgangspunktet for valget af denne metode har været et ønske om at introducere et homogent materiale, som skulle være i stand til at imødekomme alle tekniske og lovgivningsmæssige krav til modulet. Dvs. at det skulle have den rette brandklas-

sifikation, tæthed, diffusionsåbenhed, isoleringsevne og være uorganisk pga. fugt i det eksisterende murværk. Fordelen ved at løse alle krav i ét materiale er at man undgår en kompliceret lagdeling, der ofte gør bygningskomponenter meget komplekse og vanskelige at arbejde med. Samtidig ville det være forholdsvis nemt at montere modulerne på byggepladsen. Udviklingen af modulerne var baseret på et eksperimentelt materiale bestående af EPS granulat og kalk blandet og stampet sammen. Fabrikationen blev udført i samarbejde med ODICO A/S, der er en innovativ virksomhed specialiseret i robotbaseret fremstilling. Der er blevet fremstillet to samlingsmoduler med denne metode, og de er blevet afprøvet i en mockup på Fabers Fabrikker. For at reducere vægten, der viser sig at være forholdsvis høj, da modulerne er massive, blev samlingsmodulerne produceret i fire dele, som skal samles på byggepladsen.

Den anden fabrikationsmetode, der er blevet eksperimenteret med, er

Den anden fabrikationsmetode, der er blevet eksperimenteret med, er

Den anden fabrikationsmetode, der er blevet eksperimenteret med, er

baseret på 3 og 5-akset CNC-skæring i krydsfiner. Opbygningen af disse moduler svarer til opbygningen af de standardiserede vægge i de nye boenheder, og der er således et indlysende slægtskab mellem samlingsmodulerne og de nye vægge. I modsætning til det første moduleksperiment består træmodulerne af forskellige lag og mange forskellige overflader, der skal fremstilles individuelt og efterfølgende skal samles. Den digitale parametriske model gør det dog muligt at nummerere og markere de enkelt dele, der

udskæres, men de skal samles manuelt efterfølgende.

Samlingsmodulerne fremstillet i træ bliver produceret som færdige indsætningskomponenter, hvilket betyder, at der i forbindelse med montagen ikke er mere samlingsarbejde, der skal foretages.

Ligesom de nye standardiserede vægge bliver træmodulerne isoleret med træfiberisolering, og da der anvendes de samme materialer i både væg og samlingsmodul er risikoen for skader

pga. forskellige materialeegenskaber minimeret.

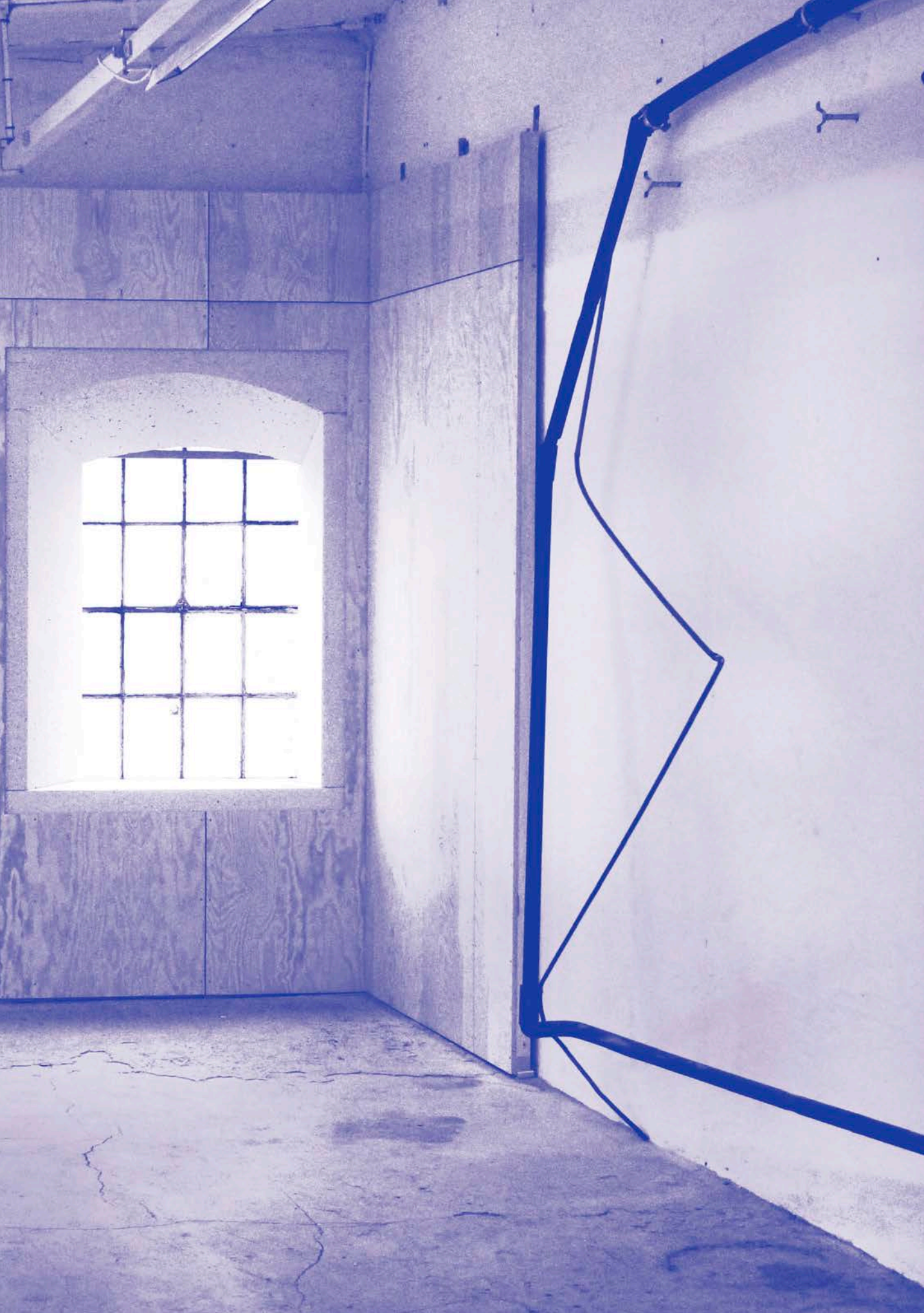
Begge eksperimenter viser sig at være gangbare muligheder med hver deres individuelle fordele og udfordringer. Træmodulet er blevet valgt som samlingsmodul i Fabers Fabrikker primært pga. dets mere robuste karakter, da boligerne skal bruges til udlejning, og der derfor er risiko for en øget slitage. Samtidig er CNC fabrikationsmetoden tilgængelig i lokalområdet.



# **FOKUSOMRÅDE III**

**IMPLEMENTERING AF  
MODULSYSTEMET I  
PILOTPROJEKTET**





# IMPLEMENTERING AF MODULSYSTEMET I PILOTPROJEKTET

## KUNNE PILOTPROJEKTET GENNEMFØRES? HVILKE PRAKTISKE UDFORDRINGER OG POSITIVE ERFARINGER HAR DER VÆRET I FORBINDELSE MED UDFØRELSEN?

### Praksisorienteret udvikling

Selvom ombygningen af Fabers Fabrikker til et boligkompleks er et udviklingsprojekt, må det først og fremmest betragtes som et byggeprojekt, da rammebetingelserne for gennemførelsen af projektet svarer til de almindelige betingelser, der gør sig gældende for alle byggerier af den slags. Det overordnede succesparameter har således først og fremmest været, at det lykkes at gennemføre projektet, og at der i Fabers Fabrikker i sidste ende kommer til at være minimum fire lejligheder. Derudover har projektet meget målrettet undersøgt og udviklet metoder og koncepter for, hvordan omkostningerne af transformationen af Fabers Fabrikker kan nedbringes. Som de tidligere afsnit i denne rapport forklarer mere udførligt, er de anvendte metoder og koncepter baseret på de eksisterende kulturarvsværdier, digital teknologi og anvendelsen af et modulsystem.

Udfaldet af det endelige projekt er således et resultat af anvendelsen af disse metoder i en realistisk og praktisk kontekst, og de truffede beslutninger i løbet af processen har været betinget af bygbarheden af projektet. Sammensætningen af projektgruppen har

yderligere bidraget til et innovativt og undersøgende projektførløb, hvor der har været stor fokus på udvikling af en ny tilgang til genanvendelse af historiske bygninger generelt og særligt i forbindelse med ombygningen af Fabers Fabrikker.

### Innovative boliger

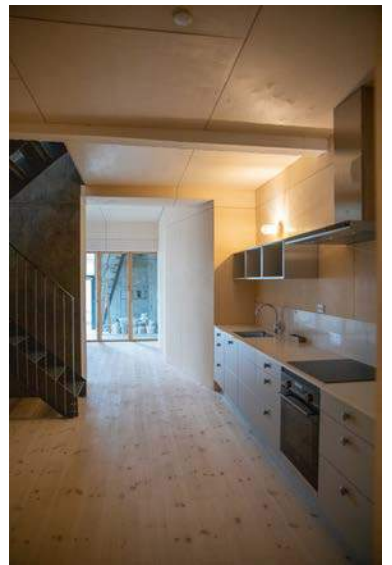
Det intensive udviklingsarbejde har ført frem til et arkitektonisk projekt, som adskiller sig væsentligt fra tidligere sammenlignelige transformationsprojekter både programmatisk i forhold til, hvordan den eksisterende bygning bliver omdannet byggeteknisk og i forhold til, hvordan bygningens kulturarv bliver sat i spil.

Projektet introducerer et nyt bokoncept, der åbner op for indragelsen af dele af de eksisterende rum (næsten) i urørt stand som en del af boligerne. Disse rum befinder sig "omkring" de nye boenheder, der placeres inden i den eksisterende fabrik, og rummene opleves således som et mellemrum mellem udenfor og indenfor i lejligheden. Samtidig bringer disse mellemrum mange af de bevaringsværdige aspekter af den eksisterende bygningskrop i spil, da de ikke er omfattet af ombygningen. Rummene

åbner op for en ny anvendelse, som man ikke er vant til at have mulighed for i almindelige lejligheder. De er ikke opvarmet og kan derfor ikke anvendes som en del af lejligheden hele året rundt, men der er andre anvendelsesmuligheder såsom fx atelier, værksted, legeplads, udestue m.m., som rummet kan anvendes til hele året rundt.

### Et billede på en positiv udvikling af bygningens historie

De nye lejligheder opfylder alle krav, en moderne lejlighed stiller, og er derudover udført med træbeklædning på alle indvendige (ekskl. bad) og synlige udvendige overflader. Herved opstår der en særlig kontrast mellem de industrielle rumligheder og de nye boenheder, der har karakter af at være blevet placeret frit i de eksisterende rum. Projektets tektoniske tilgang bliver således et understøttende led i fortællingen af stedets historiske udvikling gennem tiden, bygningens betydning for lokalbefolkningen og landsbyen som florerende industriområde og væsentlig økonomisk faktor for landsbyens udvikling.





## Projektorganisering i byggefasen

Efter de indledende faser i udviklingsprojektet, der har haft særlig fokus på at skabe et godt grundlag og en god videnbasis for udførelsen af pilotprojektet, er projektgruppen blevet udvidet med tegnestuen Arcgency som totalrådgiver og Ekolab som underrådgiver i forhold til ingeniørfagene. Rådgivningsteamet blev udvalgt ved hjælp af et totalrådgivningsudbud, hvor der blev inviteret fem tegnestuer til at byde på opgaven til håndtering af udvikling, projektering og udførelse af transformationsprojektet af Fabers Fabrikker.

Projektorganiseringen efter tiltrædelse af Arcgency har været følgende:

Arcgency (totalrådgiver), Faaborg-Midtfyn Kommune (projekter / bygherre), Skibsted Ejendomme (bygningsejer), Arkitektskolen Aarhus (videnpartner).

## Styregruppe

Det beslutningstagende organ i forbindelse med projektet har været en styregruppe sammensat af én repræsentant fra Trafik-, Bygge- og boligministeriet, to repræsentanter fra kommunalbestyrelsen, afdelingslederne for Plan og Ejendom ved Faaborg Midtfyn Kommune, en repræsentant fra Arkitektskolen Aarhus, bygnings-ejeren og én lokalrepræsentant.

Alle projektfaser skulle afslutningsvis godkendes af styregruppen, før projektet måtte fortsætte til næste fase.

I forbindelse med ekstraordinære beslutninger kunne styregruppen indrages for at få hurtig afklaring på vigtige spørgsmål.

## Arbejdsgruppe

Som operativt organ blev der etableret en arbejdsgruppe, hvor alle aktive parter i projektet var repræsenteret, og hvor der blev afholdt løbende møder, og der foregik en løbende dialog.

## Projektudvikling

Som opstart af projektudviklingsfasen blev der afholdt en workshop med hele rådgivningsgruppen, hvor Arkitektskolen formidlede resultaterne fra de indledende undersøgelser. Herved blev der skabt en fælles videnbase som afsæt for det fælles udviklingsarbejde.

Igennem den efterfølgende projektudviklingsfase er der foregået et tæt samarbejde imellem Arcgency og Arkitektskolen, som i takt med projektets fremskriden er blevet splittet op i to hovedfokusområder, hvor Arkitektskolen fokuserede primært på den parametriske udvikling og digitale produktion af samlingsmodulerne, og Arcgency varetog alle andre områder i forbindelse med udvikling og projektering af byggeprojektet.



## Økonomi

Det har været en af præmisserne for opgaven at udvikle en økonomisk bæredygtig metode for transformationen af historiske bygninger. Traditionelt koster en renovering af en tilsvarende bygning i Fåborg-Midtfyn kommune 15.600 kr./m<sup>2</sup> i 2019. Målsætningen i forbindelse med ombygningen af Fabers Fabrikker baseret på den udviklede metode var ca. 8.400 kr./m<sup>2</sup>. Velvidende at det ville være svært at opnå denne målsætning allerede i pilotprojektet er der blevet arbejdet med en mulig skalering af projektet.

De samlede omkostninger for byggeriet udgør 5,9 mill. kr inkl. udgifter til lovmæssig ændret anvendelse af bygningen fra erhverv til bolig. 4 lejligheder på samlet ca. 600 m<sup>2</sup> blev realiseret, hvilket svarer til en m<sup>2</sup> pris på ca. 9.750 kr. Der var projekteret endnu en lejlighed, som ville forøge det samlede udnyttede areal til ca. 790 m<sup>2</sup> med en relativt lille forøgelse af omkostningerne og dermed give en m<sup>2</sup> pris på kun ca. 7.500 kr. Der bør nævnes, at det anvendte "hus i hus" koncept medfører større forskel på brutto- og nettoarealer, sammenlignet med traditionelt byggeri. Beløbene er uden moms.

## Projektorganisation i byggefasen

- Bygherre: Faaborg-midtfyn kommune
- Bygningsejer: Martin Skibsted
- Projektledelse: ArcgencY
- Sagsarkitekt: ArcgencY
- Projekteringsleder: ArcgencY
- Projekterende: ArcgencY, Ekolab, Henry Jensen

- Arbejds miljøkoordinator (P): ArcgencY
- Hovedentreprenør: PH Byg Faaborg
- Byggeleder: PH Byg Faaborg
- Arbejds miljøkoordinator (B): PH Byg Faaborg
- Forsøgsprojekt: Arkitektskolen Aarhus

## Entrepriseform

Byggesagen udføres i hovedentreprise. Hovedentreprenøren er også ansvarlig for byggeledelsen.

## Bygherreleverancer

For at have den nødvendige frihed i forhold til udviklingen og produktion af samlingsmodulerne. Samlingsmodulerne fylder økonomisk en mindre del af projektet, men er den mest eksperimenterende del af forsøgsprojektet, er det blevet besluttet at behandle disse som bygherreleverance og dermed undgå, at de bliver sendt i udbud med resten af projektet.

Fordelen ved at håndtere samlingsmodulerne som bygherreleverance var, at dette muliggjorde en dialog med producenten i udviklingsprocessen.

## Projektorganiseringens betydning

Det har været en præmis for projektet, at det skulle være et praksisorienteret udviklingsprojekt, som kunne danne grundlag for et faktisk ombygningsprojekt. Derfor afspejler projektorganisationen en konstellation, der kendes fra praksis. De mange forskellige involverede parter og interesser har til tider været en udfordring for fremdrif-

ten af projektet. Samtidig har mangfoldigheden også gjort, at der kunne tages hensyn til et bredere spektrum af interesser. Der har igennem hele forløbet været bred enighed om projektets fremdrift, og samtidig har succeskriterierne for projektet blandt de forskellige parter vist sig at afvige fra hinanden.

De forskellige delområder af projektet, udviklingsdelen i modsætning den del som handler om at designe og bygge boligerne, vægtedes meget forskelligt af de forskellige parter. F.eks. har udviklingsdelen været af afgørende betydning for Arkitektskolen Aarhus, hvorimod den måske ikke vægtedes lige så højt af andre parter, som var mest interesserede i lejlighedernes kvalitet generelt.

Det er i den forbindelse vigtigt løbende at forventningsafstemme mellem de forskellige parter for at sikre en rimelig balance mellem de forskellige delområder. Oftest er evalueringskriteriet i denne forbindelse den økonomisk mest fordelagtige løsning, hvilket i dette tilfælde ikke altid har været tilfældet, da projektet er et pilotprojekt og en del af de valgte løsninger ikke nødvendigvis er blevet afprøvet før. I disse tilfælde har evalueringskriteriet været et skøn i forhold til, hvad der i fremtiden kunne være den mest fordelagtige løsning.

## IMPLEMENTERING AF MODULSYSTEMET I PILOTPROJEKTET

# PROGRAM

### HVAD VAR DE PROGRAMMATISKE FORUDSÆTNINGER FOR PROJEKTET?

I programmet defineres rammerne for opgaven. Disse er opstillet i en række dogmer, som skal fungere som pejlemærker gennem hele projektet.

Fabers Fabrikker udmærker sig ved at være et forsøgsprojekt med fokus på det eksperimenterende og samtidig være et byggeprojekt, som skal kunne realiseres. En stor del af arbejdet med programmet er derfor brugt på at definere hvilke metoder og teknikker, der er interessante at undersøge fremadrettet, og på hvordan disse muliggør friheden til at eksperimentere samtidig med, der garanteres et færdigt kvalitativt byggeri.

#### Dogmer

I programfasen er alle de grundlæggende parametre for transformationsprojektet blevet udviklet og formuleret. I modsætning til de indledende udviklingsfaser udført af Arkitekt skolen Aarhus, der primært fokuserede på udviklingsspørgsmålet, skulle programmet favne hele projektet og beskrive det omfattende i sin helhed.

Ud over de temaer, der allerede er blevet beskrevet i denne rapport: - kultur arven, det digitale og det modulære, skulle programmet således også om-

fatte miljø, materialer, haven og teknik m.m.

For at kunne håndtere alle de forskellige aspekter og områder og for at kunne opdele dem hierarkisk har ArcgencY introduceret en række dogmer, der skulle ses som regelsæt for, hvordan man skulle tilgå opgaven. Disse dogmer skulle løbende kunne anvendes som rettesnor og være med til at skærpe projektet i sin helhed.

#### Transformations-strategi

I programfasen er transformationsstrategien blevet udviklet i retning af 'hus i hus' konceptet. Konceptet angriber udfordringerne ved transformation og renovering og vender dem til nye potentialer. Denne tilgang skaber en ny måde at bo på. I stedet for at renovere alle kvadratmeter og overflader for at imødekomme bygningsreglements krav, særligt i forhold til energi, bygger man en mindre bolig i det eksisterende hus.

Kernen er den nye konstruktion, der sættes ind i skallen, som udgøres af den eksisterende bygning. Hver bolig består altså af en kerne og en skal:

- Kernen er en velisoleret og opvarmet bolig med høj komfort. Den

indeholder; alrum, værelser køkken og bad.

- Skallen er et uopvarmet fleksibelt rum, hvor man kan gøre alt det, der kan være svært at få plads til.

'Hus i hus' arbejder med kontrasten mellem det eksisterende og det nye. Med modsætninger og møder og muligheden for at fortolke de historiske byggemetoder med nye digitale værktøjer, hvor vi igen har muligheden for at arbejde med en præcision og en detaljeringsgrad, som ellers hører fortiden til.



## Dogmer

### Tag

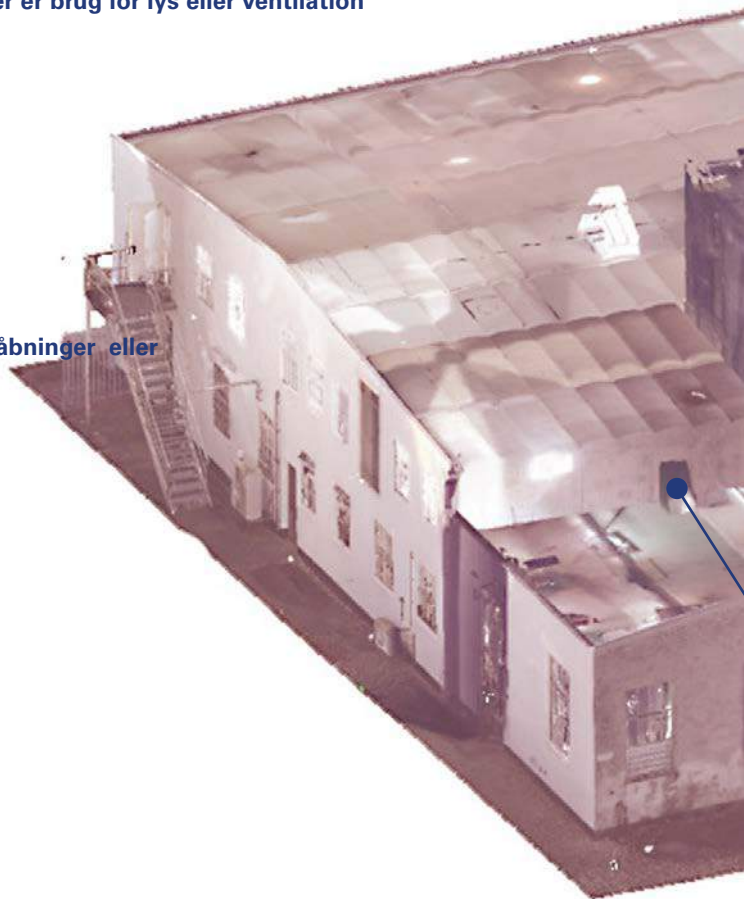
- Reparerer hvor nødvendigt
- Eksisterende ovenlys udskiftes med nye
- Nye ovenlys etableres, hvor der er brug for lys eller ventilation

### Vinduer

- Anvendes så vidt muligt
- Rengøres og males
- Klart glas monteres
- Sidehængsles hvor der er behov for redningsåbninger eller ventilation

### Udvendige vægge

- Rengøres let og males
- Evt. pudsskader udbedres lokalt
- Filsede facader males ikke, men repareres lokalt og udbedringer er på den måde synlige
- Huller lukkes så bygningen er tæt



## Installationer

- Installationer med grafisk/historisk værdi
- Installationer uden grafisk/historisk værdi fjernes

## Lofter

- Lofterne rengøres og skal fremstå rå
- Synligt stål i stueetagen brandmales

## Gulve

- Gulve rengøres og skal fremstå rå
- Evt. huller tildækkes

## Indvendige vægge

- Væggene rengøres, hvor der er behov

Link til rapport:

[FABERS FABRIKKER](#)  
[PROGRAM & DISPOSITIONSFORSLAG](#)



## IMPLEMENTERING AF MODULSYSTEMET I PILOTPROJEKTET

# DISPOSITIONSFORSLAG

### SANDWICH VS. SKELET

Dispositionsforslaget er et motiveret forslag til opgavens løsning på grundlag af et godkendt byggeprogram.

Dispositionsforslaget indeholder en beskrivelse af forslagets forudsætninger, den arkitektoniske idé, funktioner, forslag til overordnet materialevalg, konstruktions- og installationsprincipper samt overvejelser om drift og vedligehold.

I forbindelse med dispositionsforslaget er der blevet afleveret tegninger over disponeringen af fem lejligheder i de eksisterende rumligheder i Fabers Fabrikker samt en detaljeret løsning af de nye adgangsforhold. Samtidig er der blevet afleveret detaljerede planer over fem lejligheder samt de nye udendørsarealer.

Lejlighederne er baseret på 'Hus i Hus' konceptet og projekteret som fritstående bokse, der bliver placeret i de eksisterende rum. Der er både lejligheder i ét plan og lejligheder, der spænder over flere etager. Det var i forbindelse med dispositionsplanen endnu ikke blevet fastlagt, hvordan opbygningen af boksene (lejlighedsvægge, gulve og lofter) endeligt skulle være.

Der blev i den fase arbejdet med to mulige varianter, som begge ville kunne have opfyldt de tekniske og arkitektoniske krav til disse bygningsdele. Dog har de to varianter været meget forskellige i forhold til valg af materiale og opbygning.

Den første variant var baseret på sandwichelementer i PIR skum, som

er et byggemateriale, der er højt isolerende og samtidig har modulære egenskaber, som ville kunne effektivisere byggeprocessen og arbejdet på byggepladsen. Derudover har PIR skumelementerne den fordel, at de er meget lette, men samtidig den nødvendige stivhed til at kunne bære deres egen vægt og muligvis også lejlighedernes lofter. PIR elementer er et oliebaseret uorganisk produkt og er derfor særlig velegnet til at blive anvendt i forbindelse med en ombygning, hvor der kan være risiko for fugt. Den anden variant var baseret på en træskeletkonstruktion, træfiberisolerings og krydsfinerplader som indvendig afslutning. Denne variant er også baseret på modularitet dog i form af

#### SANDWICH

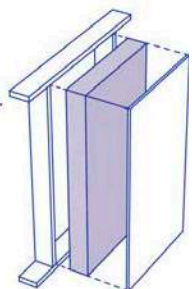
VS.

#### SKELET

- + Meget få lag.
- + Høj grad af præfabrikation.
- + Hurtig montage tid.
- + CNC potentiale.



- + Lag kan udskiftes over tid.
- + Lag er funktionsopdelt: statik, isolering, overflade.
- + Flexibilitet: materialer og udførelse.
- + Kan pakkes fladt => let transport.
- + Lav vægt => enkel montage.
- + CNC potentiale.



et byggesystem bestående af flere forskellige elementer, der skulle samles på byggepladsen. For at undgå problemer med fugt blev der i denne variant arbejdet med et ventileret hulrum imellem de eksisterende ydervægge og de nye træskeletforsatsvægge.

Begge varianter forudsætter, at lejlighedsboksene kobles sammen med den eksisterende bygning omkring vinduer og døre. Disse sammenkoblinger er varierende for alle vinduer og vil blive fremstillet ved hjælp af en parametriske model og digital fabrikation.

Der er blevet truffet et valg imellem de forskellige varianter i den efterfølgende fase af projektet. Indtil da er der blevet arbejdet med de to varianter som ligeværdige muligheder, som begge ville kunne anvendes som byggede løsninger.



## Himmellyset 65/115 M2

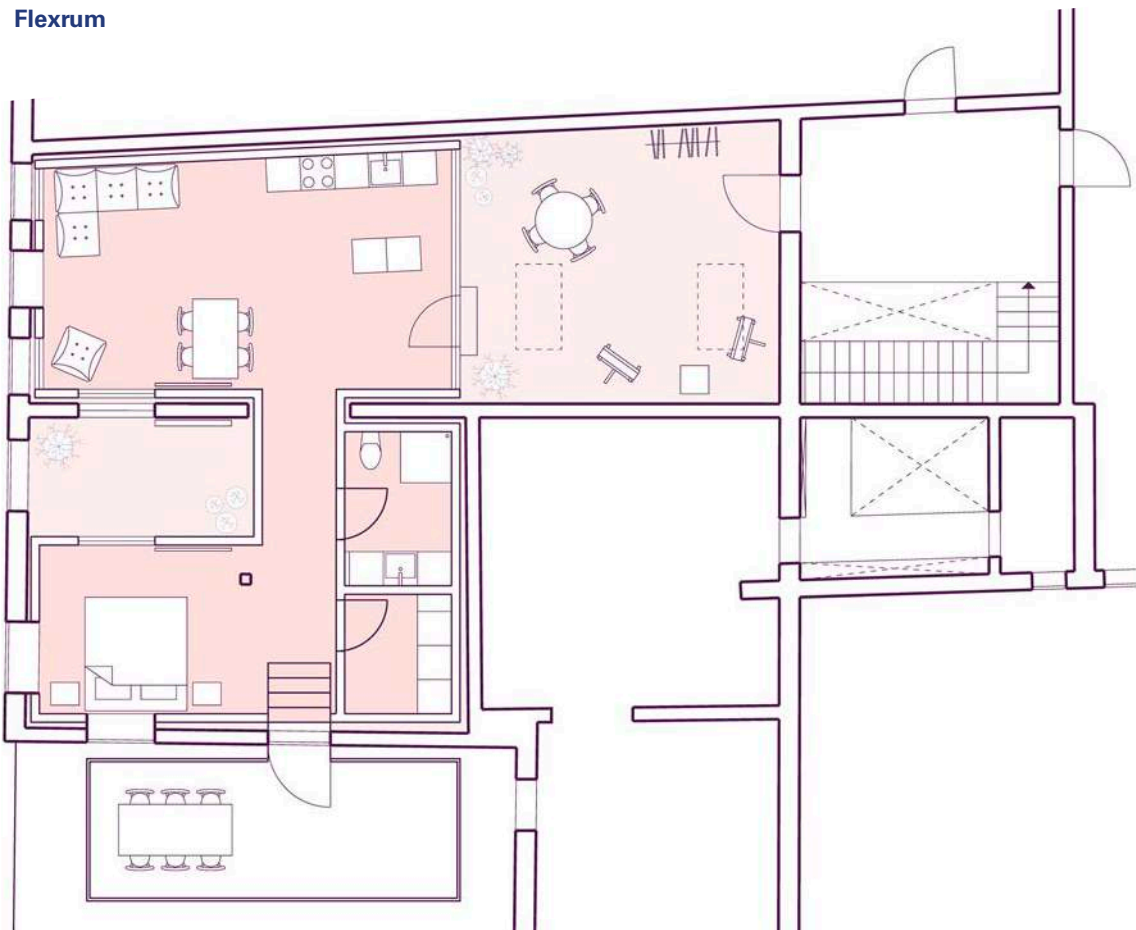
Single/ Par

1-Værelse

1-Badeværelse

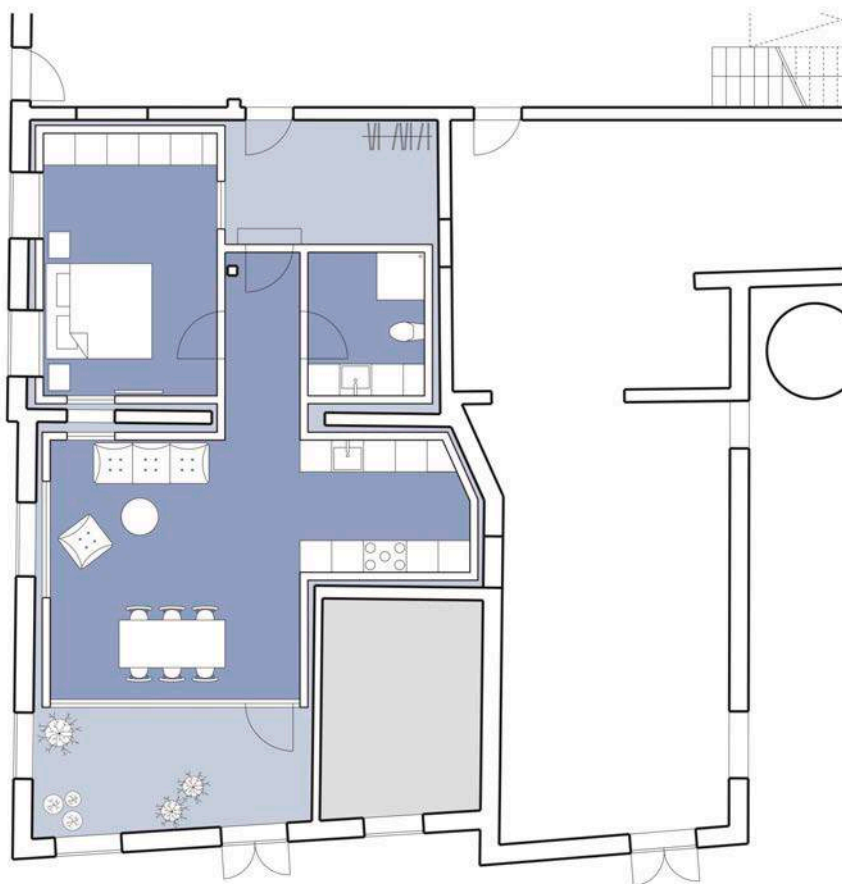
Køkken/Alrum

Flexrum



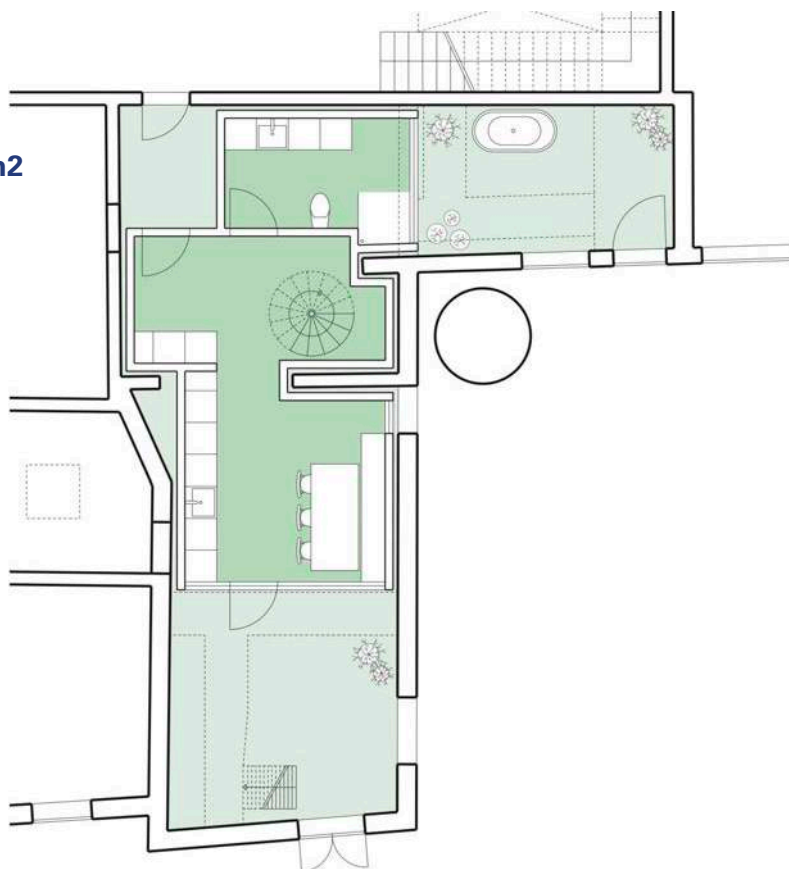
**Motorhuset 66/103 m<sup>2</sup>**

- Single/par
- Værelse
- Badeværelse
- Køkken/alrum
- Flexrum



**Kedelhuset 81/154 m<sup>2</sup>**

- Single/par
- Værelse
- Badeværelse
- Køkken/alrum
- Flexrum





**Træloftet I 74/135 m<sup>2</sup>**

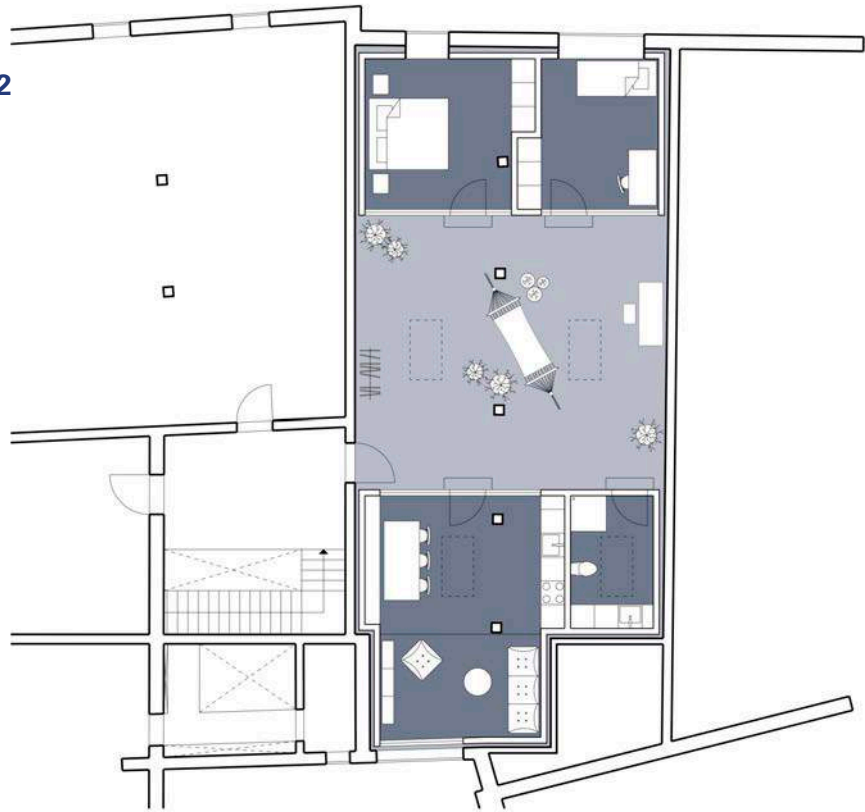
Familie/ par/ single

2 Værelser

Badeværelse

Køkken/alrum

Flexrum

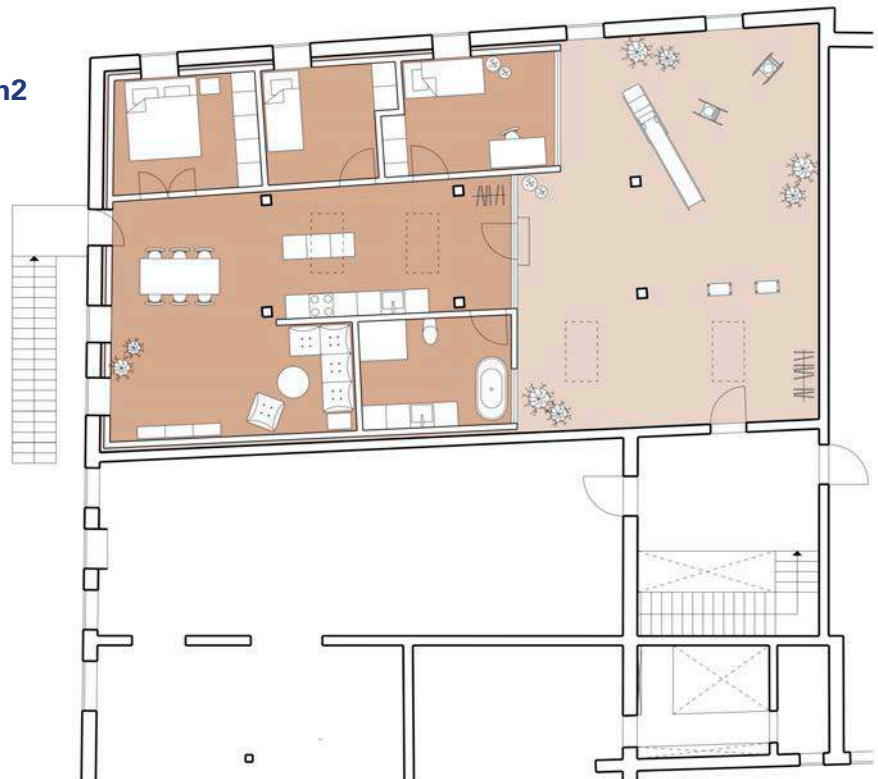
**Træloftet II 102/185 m<sup>2</sup>**Familie / selvstændigt  
erhvervsdrivende

3 Værelser

Badeværelse

Køkken/alrum

Flexrum



## IMPLEMENTERING AF MODULSYSTEMET I PILOTPROJEKTET

# HOVEDPROJEKT

### PROJEKTERING, MYNDIGHEDSBEHANDLING OG UDBUD AF DEMONSTRATIONSPROJEKTET

Hovedprojektet fastlægger opgaven klart og med en sådan detaljeringsgrad, at det kan danne grundlag for udbud, kontrahering, udarbejdelse af udførelsesprojekt og udførelse.

For at kunne skelne imellem de forskellige dele af projektet, er der i forbindelse med projektering og udbuddet af hovedprojektet blevet introduceret to overordnede kategorier af arbejder. Der har fremover været tale om de ordinære arbejder og de ekstraordinære arbejder. De ekstraordinære arbejder dækkede over alle arbejder direkte afledt af demonstrationsprojektet. Det vil sige alle arbejder i forbindelse med ombygningen og etableringen af de nye lejligheder. Håndværkerudgifterne til udførelsen af disse arbejder er blevet dækket af puljemidlerne fra Trafik-, Bolig og Byggeministeriet.

De ordinære arbejder dækkede over alle de arbejder, der indirekte var afledt af demonstrationsprojektet, som f.eks. tætning af taget, rydning af lokalerne og etablering af nye udearealer m.m. Håndværkerudgifterne til udførelsen af disse arbejder er blevet dækket af bygningsejeren.

Der er således blevet arbejdet med to adskilte udbud hvor totalrådgiveren Arcgency har været ansvarlig for udbud og udførelse af de ekstraordinære arbejder. Dette udbudsmateriale dækkede således over alle aspekter og overvejelser i forhold til udviklingsprojektet, der skulle vise vejen frem for, hvordan transformation af vigtig kulturarv og funktionstomme bygninger gennem ressourcebesparende modulsystemer og digital produktion kunne give funktionstomme bygninger et nyt liv, som billige boliger i landdistrikterne og lede gavnlige, dynamiske effekter med sig.

Bygningsejeren Skibsted Ejendomme har været ansvarlig for udførelsen af de ordinære arbejder.

Forud for projekteringen af hovedprojektet blev det besluttet overvejende at udføre boligerne i variationen med træskelet, træfiberisolering og krydsfiner som færdig overflade. De primære begrundelser for valget af denne løsning var både baseret på den væsentligt bedre bæredygtighedsprofil af træløsningen kombineret med en bedre integrationsmulighed af de præfabrikerede, digitalt producerede

samlingsmoduler til samkobling af boligboks og den eksisterende bygning. Enkelte steder, hvor der har været særlige udfordringer med rumhøjder, er opbygningen blevet udført med PIR sandwichplader for at spare plads.

Samtidig er det i forbindelse med hovedprojektet blevet besluttet, at samlingsmodulerne skulle håndteres som en bygherrelevance, hvilket betød, at disse ikke skulle sendes i udbud sammen med de andre ekstraordinære arbejder, men derimod videreudvikles og produceres i tæt samarbejde med en specialiseret producent.

Byggesagen er blevet udført i hovedentreprise med underentrepriserne tømrer, murer, maler, smed, glarmester, VVS og EL. Byggeriet blev gennemført i perioden januar til juli med indvielse i oktober 2020. Hovedentreprenøren PH Byg Faaborg A/S stod for ledelse af byggeprocessen, der forløb som planlagt. De specialfremstillede lysningsmoduler blev fremstillet af Peter Thuesen Aps, som belejligt har produktion på Fabers Fabrikers område.







