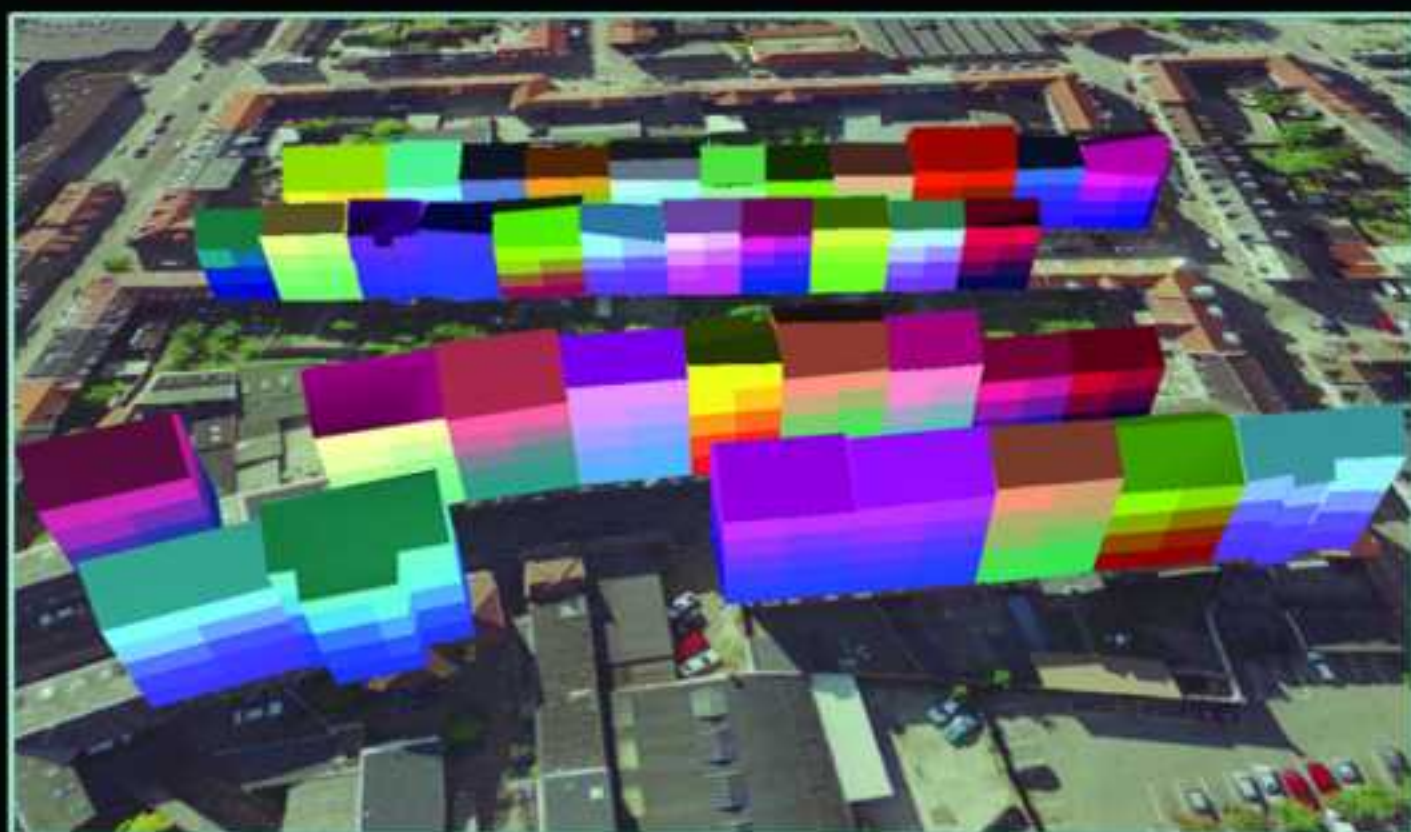


# Automatiseret generering af 3D-bymodeller

- Opdelt på enhedsniveau



Martin Thorhauge, Torben Wolf-Jügensen, Rasmus Lindeneg Johansen

# **AUTOMATISERET GENERERING AF 3D-BYMODELLER**

**- OPDELT PÅ ENHEDSNIVEAU**

**Martin Thorhauge**

**Torben Wolf-Jürgensen**

**Rasmus Lindeneg Johansen**

**Afgangsprojekt 2003**

**Landinspektøruddannelsen**

**Aalborg Universitet**

Titel    Automatiseret generering af 3D-bymodeller  
          - Opdelt på enhedsniveau

Projektperiode    1. februar 2003 – 19. juni 2003

Gruppemedlemmer    Martin Thorhauge  
                          Torben Wolf-Jürgensen  
                          Rasmus Lindeneg Johansen

Hovedvejleder    Lars Bodum

          Bivejleder    Carsten Bech

          Sideantal    148

          Bilagsantal    1. Bilag CD

Forsideillustration    Automatisk genererede bygninger med enheder  
                          vist på terrænmodel med ortofoto

          Oplag        9 stk

                          Projektet må kopieres med tydelig kilde angivelse

## Synopsis

## Abstract

Dette afgangspjunkt tager udgangspunkt i automatiseret generering af 3D-bymodeller med opdeling på enhedsniveau. Det ønskes undersøgt hvordan der kan udvikles en metode til at kæde forskellige datakilder sammen, således det er muligt at automatisere fremstillingen af 3D-bymodeller opdelt på enhedsniveau.

Der udvikles en applikation, hvori der kan bearbejdes oplysninger fra laserscanningsdata, tekniske kort og registerdata med henblik på generering af 3D-bymodeller opdelt på enhedsniveau. Resultatet visualiseres i VRML og vurderes i forhold til modellens fuldstændighed og nøjagtighed.

Det konkluderes, at det er muligt at udvikle en metode til at automatisere genereringen af udvalgte bygninger inden for bestemte kriterier.

This master thesis is based on automated construction of 3D-city models with buildings divided into units. The basic issue is to investigate how to develop a method that combines different data sources and make it possible to automate the construction of 3D-city models divided into units.

An application has been developed wherein information from laser scanning data, technical map and registry data is used to generate 3D-city models divided into units. The result is visualized in VRML and is evaluated regarding the city model's completeness and accuracy.

It is concluded that it is possible to develop a method to automate the construction of chosen buildings with respect to certain criteria's.

## Aalborg Universitet

Institut for samfundsudvikling og planlægning

Landinspektøruddannelsen

Fibigerstræde 11

9220 Aalborg Øst

## Forord

Dette afgangsprøjsjekt er udarbejdet af tre studerende på landinspektøruddannelsens 10. semester, 2003, og udgør dermed afslutningen på landsinspektøruddannelsen.

Rapporten henvender sig i første omgang til vejledere og censorer for projektet, men kan læses af alle med interesse indenfor emneområdet. Det forudsættes dog at læseren har et vist kendskab til kortlægning i generel forstand.

Danmarks Topografiske Kortværk anvendes i overensstemmelse med aftalen mellem Aalborg Universitet og KMS (G 24-98).

Rapportens opbygning følger et kontinuert flow, hvorimod arbejdsprocessen er foregået igennem en iterativ proces. I rapporten er kildehenvisninger angivet i teksten med kantede parenteser på følgende måde [Forfatters efternavn, årstal, evt. sidetal]. Denne metode vil så vidt muligt anvendes, men til tider vil kilder variere alt efter, om kilden omhandler bøger, artikler, virksomhedsbesøg, noter eller websider. Websiderne var alle i drift pr. 18/6 2003. I litteraturlisten er det muligt at finde uddybende informationer om det anvendte kildemateriale. Litteraturlisten er opbygget således, at den indeholder afsnit for bøger, artikler, virksomhedsbesøg, noter og websider. Indholdet af disse er alle hver især opbygget i alfabetisk orden.

Figurer og Tabeller er fortløbende nummereret under hvert kapitel.

Bilag vil være at finde bagerst i rapporten, og vil i teksten blive henvist til i form af bogstav. Bilaget vil desuden indeholde en CD med hele rapporten i form af PDF-dokument, samt andre anvendte filer.

Gruppen vil gerne rette en tak til Peer Møller Ilsøe fra 3DGI.

Aalborg, d. 19. juni, 2003

<b>1</b>	<b>INDLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1	PROJEKTEMNET .....	1
1.2	GRUPPENS ERFARINGER MED PROJEKTEMNET.....	1
1.3	TIDLIGERE AFGANGSPROJEKT .....	2
1.4	ANVENDELSE AF LASERSCANNINGSDATA I FIRMAER .....	3
1.5	FREMTIDSUDSIGTER .....	4
1.6	INITIERENDE PROBLEM .....	4
<b>2</b>	<b>METODE.....</b>	<b>9</b>
2.1	LEAVITT .....	9
2.2	OBJEKT ORIENTERET ANALYSE OG DESIGN .....	10
2.3	PROJEKTOPBYGNING.....	11
<b>3</b>	<b>FORANALYSE .....</b>	<b>15</b>
3.1	AUTOMATISERET 3D-BYMODELGENERERING .....	15
3.1.1	BRUGERE .....	17
3.1.2	EKSISTERENDE METODE TIL 3D-BYMODELGENERERING .....	22
3.2	LASERSCANNING.....	25
3.2.1	ANVENDELSE.....	25
3.2.2	DATA .....	26
3.2.3	NØJAGTIGHED/KVALITET.....	26
3.2.4	OPSUMMERING .....	27
3.3	TEKNISKE KORT .....	27
3.3.1	ANVENDELSE.....	27
3.3.1	NØJAGTIGHED/KVALITET.....	28
3.3.2	OPSUMMERING .....	31
3.4	ORTOFOTO .....	31
3.4.1	NØJAGTIGHED/KVALITET .....	31
3.4.2	ANVENDELSE.....	32
3.4.3	OPSUMMERING .....	35
3.5	OFFENTLIGE REGISTRE .....	35
3.5.1	BBR .....	36
3.5.2	BRUGEN AF OFFENTLIGE REGISTRE .....	39
3.5.3	OPSUMMERING .....	40
<b>4</b>	<b>PROBLEMFORMULERING.....</b>	<b>45</b>
4.1	PROJEKTAFGRÆNSNING .....	47
<b>5</b>	<b>PROJEKTOMRÅDET.....</b>	<b>51</b>
5.1	HOLBERGSGADE.....	51
<b>6</b>	<b>ANALYSE AF ANVENDELSESOMRÅDER.....</b>	<b>55</b>
6.1	BRUG .....	55
6.1.1	AKTØRER OG BRUGSMØNSTRE.....	56
6.2	FUNKTIONER .....	58
6.2.1	APPLIKATIONENS FUNKTIONER .....	59
6.3	GRÆNSEFLADE .....	60
6.3.1	BRUGER- OG SYSTEMGRÆNSEFLADER .....	60
6.4	OPSUMMERING .....	62
<b>7</b>	<b>TOPOLOGI.....</b>	<b>65</b>
7.1	TOPOLOGISK MODEL .....	65
7.1.1	SOLIDS .....	68
7.1.2	FACES .....	69
7.2	DATABASEINDEKSERING.....	70
7.2.1	UNIKT ID .....	71

7.3	DEFINITION AF UNIKT ID.....	72
7.4	3D-ADRESSEPUNKT.....	74
7.5	OPSUMMERING .....	75
<b>8</b>	<b>ANVENDT DATA .....</b>	<b>79</b>
8.1	TEKNISKE KORT .....	79
8.1.1	ADRESSEPUNKTER.....	80
8.2	LASERSCANNING.....	82
8.3	BBR.....	84
<b>9</b>	<b>ANVENDTE LØSNINGSMODELLER.....</b>	<b>87</b>
9.1	OVERORDNET LØSNINGSMODEL.....	87
9.2	LØSNINGSMODEL FOR TEKNISKE KORT.....	90
9.2.1	IDENTIFIKATION AF POLYGONPUNKTER.....	90
9.2.2	FLOWDIAGRAM FOR LØSNINGSMODEL .....	92
9.2.3	PROBLEMER I FORBINDELSE MED BYGNINGSPOLYGONER.....	94
9.2.4	OPSUMMERING .....	95
9.3	LØSNINGSMODEL FOR LASERSCANNING .....	96
9.3.1	IDENTIFICER DATA INDENFOR BYGNINGSPOLYGON .....	96
9.3.2	FLOWDIAGRAM FOR LØSNINGSMODELLEN .....	97
9.3.3	IDENTIFICER TAGFLADER OG BYGNINGENS DIMENSIONER .....	97
9.3.4	FLOWDIAGRAM FOR LØSNINGSMODELLEN .....	100
9.3.5	PROBLEMER I FORBINDELSE MED LØSNINGSMODELLEN.....	101
9.3.6	OPSUMMERING .....	101
9.4	LØSNINGSMODEL FOR BBR.....	102
9.4.1	DATAFLOW FOR LØSNINGSMODELLEN.....	102
9.4.2	BYGNING .....	103
9.4.3	ENHED.....	104
9.4.4	EKSEMPEL PÅ ANVENDELSE AF BYGNINGS- OG ENHEDSOPLYSNINGER.....	104
9.4.5	OPSUMMERING .....	107
9.5	LØSNINGSMODEL FOR ENHEDSOPDELING.....	108
9.5.1	IDENTIFICERING AF HJØRNEKOORDINATER FOR ENHEDER.....	108
9.5.2	FLOWDIAGRAM FOR LØSNINGSMODELLEN .....	111
9.5.3	PROBLEMER I FORBINDELSE MED ENHEDSINDELING .....	111
9.5.4	OPSUMMERING .....	112
<b>10</b>	<b>RESULTAT &amp; VURDERING.....</b>	<b>117</b>
10.1	BYGNINGER OG ENHEDER .....	117
10.2	RESULTATFIL .....	120
10.3	VURDERING AF RESULTAT.....	123
10.3.1	VURDERING AF ANVENDTE DATAKILDER.....	123
10.3.2	VURDERING AF FLADEGENKENDING .....	125
10.3.3	VURDERING AF ENHEDSOPDELING.....	127
10.3.4	VURDERING AF DET SAMLEDE RESULTAT .....	128
<b>11</b>	<b>KONKLUSION .....</b>	<b>131</b>
<b>12</b>	<b>PERSPEKTIVERING .....</b>	<b>137</b>
<b>13</b>	<b>FIGUR OG TABELLISTE.....</b>	<b>141</b>
<b>14</b>	<b>LITTERATURLISTE.....</b>	<b>145</b>

# **Kapitel 1**

## **Indledning**



## **1 INDLEDNING**

Dette afsnit har til formål at beskrive indgangsvinklen til gruppens afgangsprøje, som vil blive dokumenteret i form af denne rapport. Først vil idéen, som opstod under udarbejdelse af gruppens 9. semester projekt, blive beskrevet, hvorefter aktualiteten af projektemnet vil blive behandlet.

### **1.1 PROJEKTEMNET**

Emnet for dette projekt er automatiseret modellering af 3D-bymodeller. Inden for selve emnet: generering af 3D-bymodeller, sker der på verdensplan både forskning/udvikling og defineret af nye begreber. Det er gruppens hensigt med dette projekt at bidrage til denne udvikling.

Ved begrebet ”3D-bymodel” forstår gruppen en mere eller mindre generaliseret computergenereret visualisering af ”virkeligheden”. ”Virkeligheden” er i dette projekt defineret af et antal etagebygninger i Aalborg midtby.

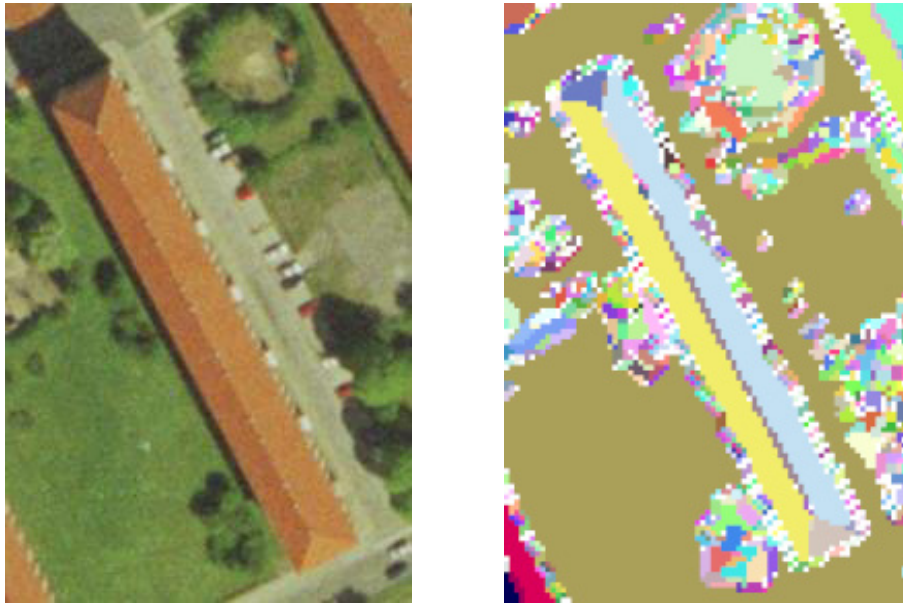
Gruppen vil tage udgangspunkt i laserscanningsdata og supplere med relevante oplysninger fra andre datakilder.

### **1.2 GRUPPENS ERFARINGER MED PROJEKTEMNET**

Som nævnt ovenfor blev idéen til dette projekt fundet, efter at gruppen på 9. semester havde beskæftiget sig med emner inden for emnet 3D-GIS. Et af emnerne omhandlede generering af 3D-bymodeller vha. laserscanningsdata, hvor grundlæggende problemstillinger og overvejelser blev berørt. I samarbejde med Peer Møller Ilsøe fra 3DGI<sup>1</sup> blev der opnået enkelte resultater for fladegenkendning. Gennem procedurer, der sammenlignede nærtliggende flader, kunne større flader illustreres ved hjælp af farver, som det kan ses i Figur 1.1. Dette kan lede frem til, at der kan etableres tagkonstruktioner på automatiseret vis.

---

<sup>1</sup> Videncenter for 3D geoinformation



**Figur 1.1 Resultater fra 3DGI i januar 2003. Til højre den genererede flademodel.**

Som det ses af Figur 1.1 var der i kanten af bygningerne dannet små separate flader, som anses som et problemområde. Som datakilde til forsøgene på 3DGI blev der anvendt laserscanningsdata i form af et en-meter grid, hvorfor fladernes udstrækning i værste tilfælde ikke kan opnå en nøjagtighed, der er bedre end en meter, hvilket ikke anses for at være en tilfredsstillende nøjagtighed. Derfor er der et behov for anvendelse af andre datakilder til at opnå en tilfredsstillende nøjagtighed af bygningernes placering. [Thorhaug m.fl., 2003]

Et andet emne, som blev behandlet i gruppens 9. semester projekt, var opdeling af en bygning på enhedsniveau. Dette blev dog primært behandlet med henblik på datastrukturen for en objektorienteret database til en beboelsejendom. Der blev ikke set nærmere på detaljer for selve konstruktionen af en enhedsopdelt model. Det emne kunne være interessant at se nærmere på dette emne, da der er mange problemstillinger, der skal tages stilling til.

### **1.3 TIDLIGERE AFGANGSPROJEKT**

I 2001 blev der på landinspektørstudiet lavet et afgangspjekt med titlen: ”Kortlægning baseret på laserscanningsdata – generering af 3D-modeller”. Pro-

jektet tog udgangspunkt i anvendelsesmulighederne for laserscanningsdata indsamlet med laserscanningssystemet TopoSys I. Der blev analyseret forskellige metoder til at generere 3D-modeller ved hjælp af laserscanningsdata, specielt med fokus på at processen skulle kunne gennemføres automatisk.

Der blev i Matlab lavet procedurer til editering af data indsamlet med TopoSys I, hvorfra det var muligt at danne dele af en 3D-model automatisk vha. en kombination af laserscanningsdata og tekniske kort (TOP10DK).

Konklusionen på projektet var, at det er muligt at danne dele af en 3D-model automatisk ved anvendelse af laserscanningsdata og et teknisk kort; dog vil det være nødvendigt at foretage manuelle registreringer for at få en fuldstændig 3D-model. Ved at anvende supplerende data ville det være muligt at forbedre resultaterne, der blev opnået i projektet, væsentligt. [Andkjær & Strunck, 2001]

#### **1.4 ANVENDELSE AF LASERSCANNINGSDATA I FIRMAER**

I Danmark er der kun få firmaer, der har en laserscanner. Dette skyldes til dels, at udstyret på nuværende tidspunkt er dyrt, dels at der skal særlige projekter til, før en laserscanner kan være at foretrække frem for andet udstyr.

I stedet for at købe en laserscanner benytter en række firmaer sig af at hyre et andet firma til indsamlingen af data. Et af disse firmaer er COWI, der lejer TopoSys til at indsamle data. TopoSys leverer derefter data i form af et grid til COWI, som har programmel til bl.a. at danne en 3D-model ud fra de leverede punktskyer. Denne proces kan sædvanligvis gennemføres med en succesrate på ca. 70 %. Hvis der skal kunne opnås en bedre præcision, vil der være behov for manuel editering. [COWI, 14.3.2003]

COWI ser mange anvendelsesmuligheder for laserscanningsdata og højdemodeller fremstillet ved brug af laserscanningsdata. COWI anvender f.eks. højdemodeller til følgende områder:

- Analyser for telebranchen
- Landskabsanalyser
- Planlægning og projektering

- 3D-visualisering af by- og landområder
- Vurdering af sigt- og vindforhold for f.eks. vindmøller
- Støjberegninger

[<http://www.cowi.dk/div04/profiles/kortlaegning/div04%5Fhoejdemodel.asp>]

## **1.5 FREMTIDSUDSIGTER**

En af hovedårsagerne til at gruppen har valgt at arbejde med automatiseret generering af 3D-bymodeller er, at området stadig er under udvikling, og at der i fremtiden vil blive behov for 3D-bymodeller bl.a. i forbindelse med 3D-GIS. Om det optimale system er fundet eller bliver fundet er dog tvivlsomt, da der er mange problemstillinger og undtagelser, der skal tages i betragtning. Firmaer, som producerer laserscanningsudstyr, såsom Leica og Trimble, har ingen optimal løsning i deres software til, hvordan der automatisk kan dannes objekter ud fra laserscanningsrådata. Der kan dog vha. Leica's software, Cyclone, dannes objekter ved at udpege punkter og definere hvilken objekttype der skal dannes.

Fremtidsudsigterne afhænger af, om der vil være brugere til de færdige 3D-bymodeller. Potentielle brugere vil blive beskrevet nærmere i afsnit 3.1.1.

## **1.6 INITIERENDE PROBLEM**

Med ovenstående betragtninger vides det, at projektemnet anvendes i enkelte virksomheder, samt at der sker forskning inden for området.

Derfor vil gruppen med dette projekt undersøge metoder til automatiseret generering af 3D-bymodeller. Det forventes at påpege/anvise et løsningsforslag, der har behandlet aktuelle problemstillinger for, hvordan der ved hjælp af laserscanningsdata kan dannes en 3D-bymodel, sandsynligvis med hjælp fra andre datakilder. Med en 3D-bymodel menes der en model, der består enten af flader eller liniestykker, og ikke af en stor punktsky, som laserscanningsdata består af.

Desuden vil der blive arbejdet med enhedsopdeling af bygninger, idet gruppen også ser dette som en interessant problemstilling med store udviklingsmulighe-

der. Det har ikke været muligt at finde litteratur inden for enhedsopdeling af 3D-bymodeller, så gruppen kan tilføre ny viden om dette emne.

Ud fra erfaringer med gruppens 9. semester projekt vil der sandsynligvis være behov for supplerende data, såsom: Ortofoto, tekniske kort og offentlige registre.

For at kunne foretage mulige løsningsforslag er det nødvendigt at have et indgående kendskab til data og datakilder. Derfor vil der inden løsningsforslagene fremlægges blive foretaget en foranalyse, som har til formål at skaffe den nødvendige viden. Foranalysen vil ud over at se nærmere på forskellige datakilder undersøge brugernes behov for en automatiseret proces for generering af en 3D-bymodel. Foranalysen vil blive behandlet ud fra følgende initierende problemstilling:

**”Hvilke datakilder kan en automatiseret proces til 3D-bymodellering med enhedsopdeling bestå af, og hvor egnede er de?”**

Inden foranalysen vil metoderne, der bliver anvendt i projektet blive beskrevet.

# **Kapitel 2**

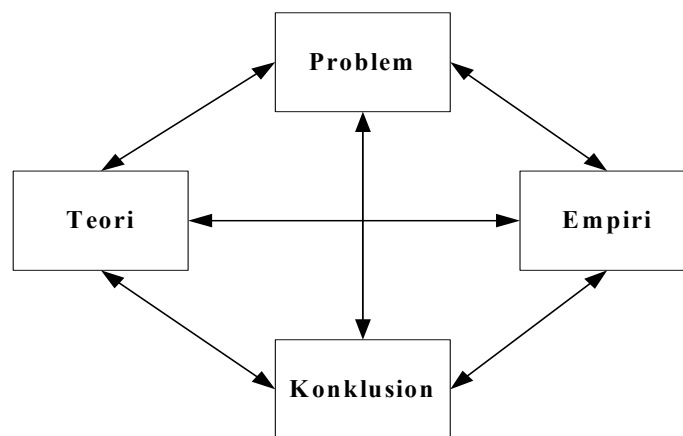
**Metode**

## 2 METODE

I dette kapitel beskrives de valgte metoder og deres anvendelse gennem projektet. Det er valgt at anvende en overordnet metode for, hvordan der skal arbejdes i projektperioden(Leavitt), en metode for programudviklingen(OOA&D) og en metode til opbygningen af projektet(H. Brande-Lavridsens rapportopbygningsmodel).

### 2.1 LEAVITT

Som den overordnede metode til projektarbejdet er det valgt at anvende Leavitts metode. Metoden er tidligere blevet anvendt, og gruppen er derfor vant til at arbejde efter denne metode. Desuden falder det naturligt at fokusere på sammenhængen mellem henholdsvis teori/empiri og problem/konklusion. Det skulle jo gerne være således, at der rent faktisk konkluderes på de identificerede problemer og at teori og empiri stemmer overens.



**Figur 2.1** Illustration af Leavitts metode

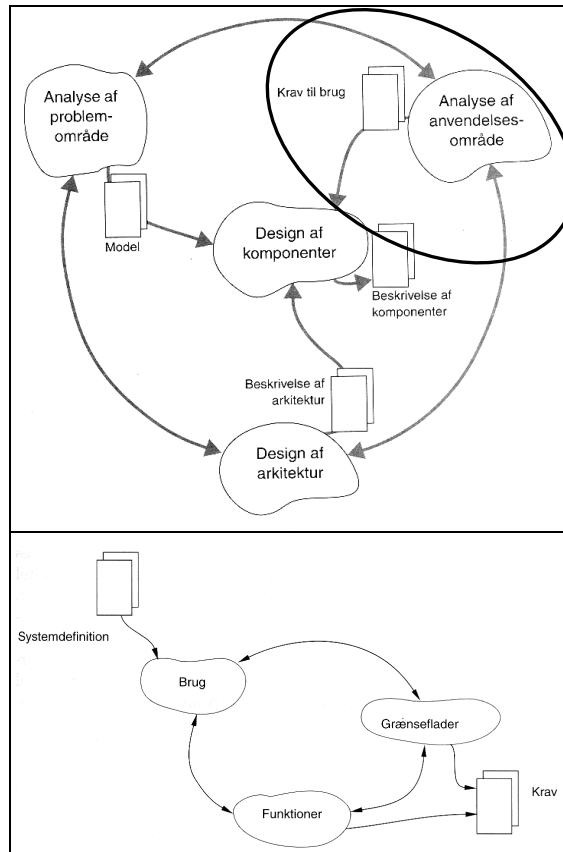
Figur 2.1 viser sammenhængen i Leavitts metode. Det kan diskuteres, om alle dobbelpilene har relevans i alle situationer. Det kan f.eks. diskuteres, hvorvidt konklusionen har den store indvirkning på empirien. Det er dog valgt at lade alle dobbelpilene være i figuren, da det tjener til at vise metodens fleksibilitet.

## 2.2 OBJEKT ORIENTERET ANALYSE OG DESIGN

I forarbejdet til programudvikling vælges det at anvende *Objekt Orienteret Analyse og Design(OOA&D)*.

OOA&D indeholder en omfattende række værktøjer til systemudvikling og design. Da det ikke forventes at gruppen udvikler et decideret system, men derimod nærmere en form for applikation til identificering af punkter, flader og enheder på baggrund af inddata fra forskellige datakilder, vælges det kun at benytte en mindre del af OOA&D's værktøjer.

Gruppen har valgt at koncentrere sig om analyse af anvendelsesområder. Denne analyse skal hjælpe til på forhånd at identificere brug, funktioner og grænseflader til applikationen.



Figur 2.2. Arbejdsforløbet i OOA&D [Mathiasen m.fl., 2001, s. 15]



Analysen af anvendelsesområder fokuserer på spørgsmålene: Hvad skal systemet (applikationen) gøre og hvordan skal systemet bruges? Formålet med spørgsmålene er at definere krav til systemets funktioner og grænseflade.

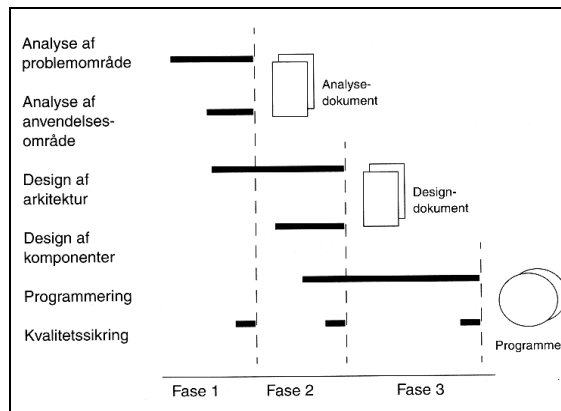
Resultatet af analysen skal være til hjælp under udarbejdelsen af applikationen. Udarbejdelsen af applikationen vil være en iterativ proces. Dette begrundes i gruppens begrænsede programmeringserfaring.

Det skal dog nævnes, at der fra OOA&D ikke er lagt op til at der arbejdes iterativt mellem analysefasen og programmeringsfasen. Det forventes fra OOA&D, at analysefasen er afsluttet inden programmeringsfasen påbegyndes. Dette må der i gruppens tilfælde formodentligt ses bort fra, da der under programmeringsfasen vil opstå uforudsete problemer/funktioner for gruppen.

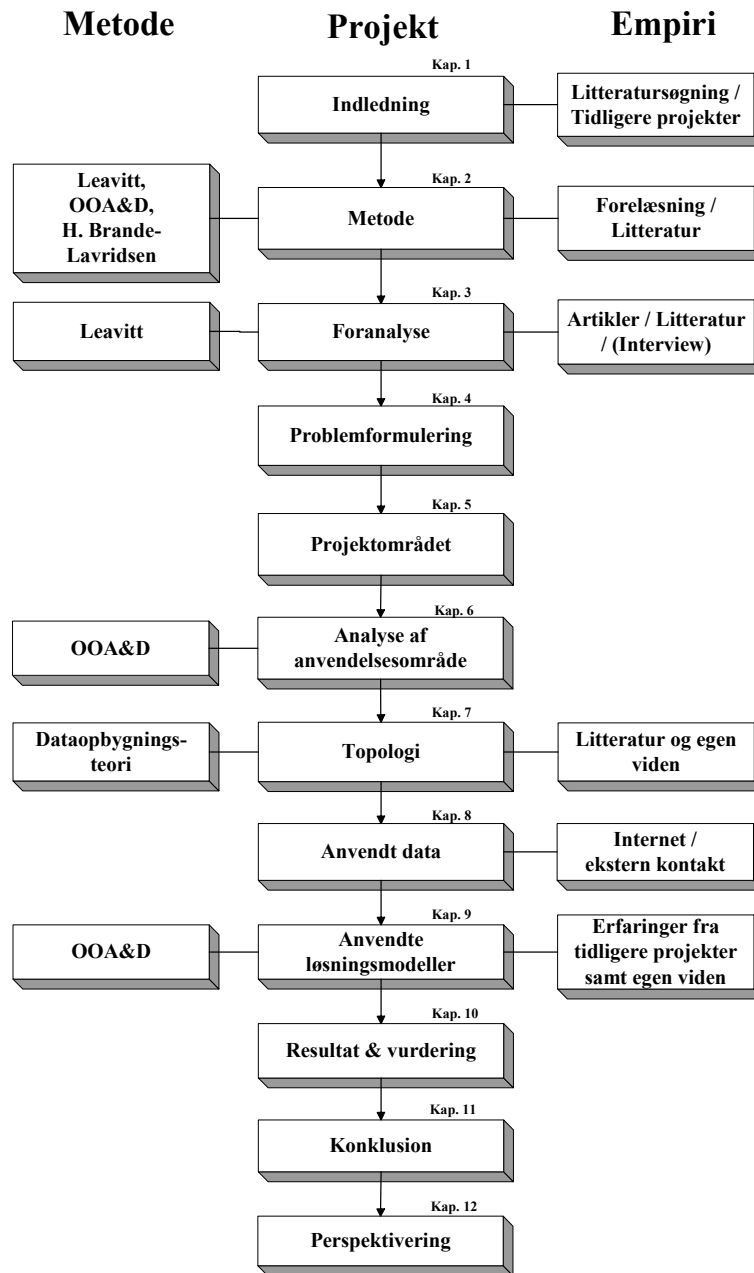
[Mathiassen m.fl., 2001]

## 2.3 PROJEKTOPBYGNING

Til opbygningen af projektet anvendes Hanne Brande-Lavridsens rapportopbygningsmodel.



Figur 2.3. Metodens arbejdsflow. [Mathiassen m.fl., 2001, s. 16]



Figur 2.4 Frit efter Hanne Brande-Lavridsens rapportopbygningsmodel

# **Kapitel 3**

**Foranalyse**

### **3 FORANALYSE**

Denne foranalyse vil lægge vægt på en analyse af automatiseret 3D-bymodelgenerering. Dette indebærer både et generelt overblik over, hvad automatiseret 3D-bymodelgenerering står for, en brugeranalyse af 3D-bymodeller samt en beskrivelse af et system, der er udviklet til at generere automatiserede 3D-bymodeller. Ligeledes vil foranalysen behandle forskellige mulige datakilder, som kan være brugbare til anvendelse ved en automatiseret modelgenerering f.eks. laserscanningsdata, tekniske kort, ortofoto samt offentlige registre.

I dette projekt vil der som udgangspunkt anvendes laserscanningsdata.

Herudover vil der være overvejelser om, hvorledes en opdeling af bygninger på enhedsniveau kan foretages i en fremstillet 3D-bymodel, således at det er muligt at få et fornuftigt resultat.

#### **3.1 AUTOMATISERET 3D-BYMODELGENERERING**

Automatiseret 3D-bymodelgenerering, ud fra laserscanningsdata, er et aktuelt emne, som nævnt i indledningen. Der findes mange indgangsvinkler til løsning af, hvorledes en automatiseret modelgenerering kan finde sted. Dette kan f.eks. være brugen af laserscanningsdata alene eller en kombination af flere datakilder for derved at fremskaffe et mere detaljeret og/eller nøjagtigt resultat.

En decideret automatisk generering af 3D-bymodeller, hvor alt bliver gengivet 100 % korrekt uden brug af manuel redigering, vil dog næppe kunne lade sig gøre. Da der altid vil opstå afvigelser og komplikationer i genkendelse af f.eks. tagfladers udformning, vil det være nødvendigt at kontrollere rigtigheden af resultatet manuelt. Derfor mener gruppen, at automatiseret 3D-bymodelgenerering er en mere korrekt betegnelse at anvende.

Som udgangspunkt for en generering af 3D-bymodel er fremskaffelsen af laserscanningsdata enten i form af rådata, dvs. data der ikke er efterbehandlet eller data i gridform. Data i et grid vil være nemmere at gå til, og datamængden vil ligeledes være forholdsvis begrænset i forhold til mængden af rådata. Dog vil

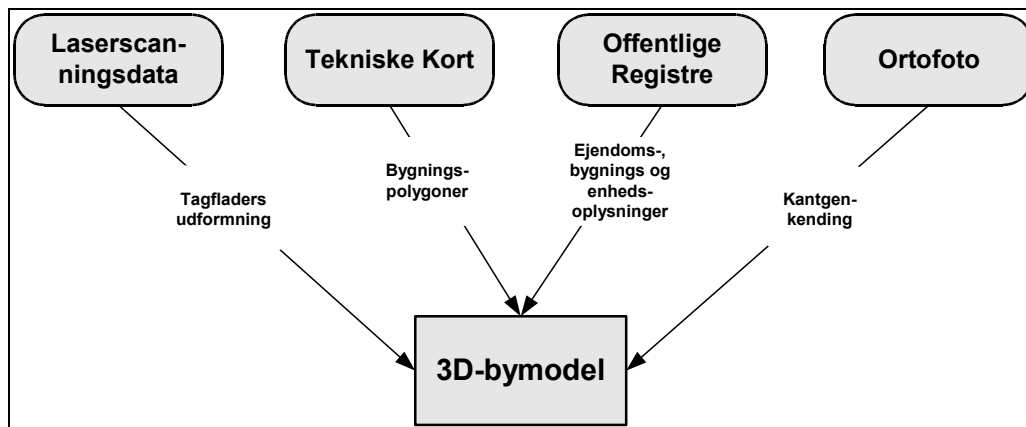
ulempen ved griddata være, at en del data går til spilde ved udtyndingen af rådata, samt at nøjagtigheden af gridpunkterne vil være af svingende nøjagtighed, grundet den behandling der er foretaget. Dette vil ikke blive uddybet, da disse procedurer ikke er offentligt tilgængelige.

For at finde tagfladers udformning må der dannes flader ud fra laserscanningsdata, hvorefter der kan ske en beregning af de enkelte fladers skæringer med hinanden.

Ligeledes må det overvejes, hvorledes f.eks. tekniske kort inddrages i en sammenhæng med laserscanningsdata. Dette vil gøre det muligt at afgrænse områder i laserscanningsdata, hvor der skal søges efter tagflader. Dette kan gøres ud fra bygningspolygonerne i det tekniske kort, jf. 3.3.

Ud over anvendelsen af laserscanningsdata og tekniske kort har gruppen også en idé om, at anvendelsen af ortofoto samt offentlige registre kan indarbejdes i en sammenhæng jf. afsnit 3.4 og 3.5. Mht. ortofoto ser gruppen f.eks. en mulighed for kantgenkendning i billedet gennem kontrastforskelle mv. Dette kan muligvis indarbejdes og sammenlignes med resultatet af fladegenkendingen ud fra laserscanningsdata, og dermed kan det fungere som kontrolparameter.

Med anvendelsen af offentlige registre tænkes der hovedsageligt på brugen af BBR, hvori der er informationer om f.eks. antal lejligheder og antal etager i en bygning. Hermed vil der være mulighed for at anvende disse registerinformationer til en automatiseret opdeling i den fremstillede 3D-bymodel på enhedsniveau.



Figur 3.1 Kombination og brugen af forskellige datakilder

### 3.1.1 BRUGERE

For at få et overblik over en automatiseret 3D-bymodelfremstilling vil gruppen i dette afsnit identificere, mulige brugere til et fremstillet program og analysere udbyttet af programmet i form af en 3D-bymodel. Her vil der blive opstillet et skema for, hvilke prioriteringsområder de enkelte brugere har til en 3D-bymodel for derved at kunne klarlægge, hvilke egenskaber der skal tages højde for ved fremstillingen af en 3D-bymodel. Afsnittet bygger i overvejende grad på gruppens egne opfattelser og synspunkter, men også på brugerinterviews udarbejdet af Andkjær & Strunck, 2001.

#### 3.1.1.1 Brugere af programmet

Ved brugere af programmet tænkes her på, hvilke brugere der kan se muligheder i anskaffelsen af et program, som kan automatisere 3D-bymodelgenereringsprocessen. Her vil den oplagte bruger være opmålingsfirmaer, som køber laserscanningsdata fra anden side eller selv indsamler data. Disse firmaer kan anvende programmet på deres indhentede data og få automatiseret fremstillingen af en 3D-bymodel over det geografiske dataområde.

### 3.1.1.2 Brugere af 3D-bymodel

Her tænkes i højere grad på brugere af en fremstillet 3D-bymodel end på brugere af selve programmet, som fremstiller modellen.

For at beskrive mulige brugere og deres krav til en 3D-bymodel, er der i Tabel 3.5 opstillet et skema, som indeholder karakterer for, hvilke egenskaber der prioriteres højt og hvilke der prioriteres lavt for den enkelte bruger. Hver af disse egenskaber er inddelt i tre kategorier, hvor det for hovedparten af kategorierne gælder, at jo højere tal jo højere krav stilles der. Nedenfor er de enkelte egenskaber i skemaet, gruppen mener er væsentlige, beskrevet kortfattet med dertil hørende kategoribeskrivelse.

#### Nøjagtighedskrav

Med nøjagtighedskrav menes der, hvilke krav der stilles til fremstillingen af 3D-bymodellen, for at den enkelte bruger kan anvende modellen. Nøjagtighedskravet skal forstås som nøjagtigheden på koordinaten og dermed også den indbyrdes nøjagtighed imellem de enkelte objekter. Tabel 3.1 viser inddelingen af Nøjagtighedskravet:

Kategori	Nøjagtighedskrav
1:	5 – 50 m
2:	0,5 – 5 m
3:	0 – 0,5 m

Tabel 3.1 Nøjagtighedskrav

#### Detaljeringsgrad

Med detaljeringsgrad menes der, hvor mange detaljer i modellen der skal medtages. F.eks. foretrækker nogle brugere, at alle facader har virkelighedstro teksturer på alle bygningsflader, hvor andre brugere kræver, at alle bygningsdetaljer er medtaget alt afhængig af, hvad modellen skal anvendes til. Detaljeringsgraden er inddelt i følgende kategorier:

Kategori	Detaljeringsgrad
1:	Overflademodel samt rejste bygninger
2:	(Kategori 1) + teksturer, småbygninger(under 10m <sup>2</sup> )
3:	(Kategori 1+2) + bygningsdetaljer(udhæng, karnapper mm.)

Tabel 3.2 Detaljeringskrav

## Opdatering

Med opdatering menes hvor vigtigt det er for den enkelte bruger, at den fremstillede model bliver opdateret, og hvor ofte det skal ske. Opdatering er opdelt i kategorierne vist i Tabel 3.3:

Kategori	Opdatering
1:	Årligt
2:	Ad hoc
3:	Direkte (når en ændring sker)

Tabel 3.3 Opdatering

## Enhedsopdeling

Med enhedsopdeling menes hvor væsentligt det er for den enkelte bruger, at alle bygninger i 3D-bymodellen er opdelt på enhedsniveau. Enhedsopdeling er opdelt i kategorierne i Tabel 3.4:

Kategori	Enhedsopdeling
1:	Ikke opdelt
2:	Grov opdeling
3:	Realistisk/faktuel opdeling

Tabel 3.4 Enhedsopdeling

Ud fra ovenstående definerede egenskaber har gruppen udarbejdet følgende skema:

Egenskaber	Brugere			Planlægning			Telefonsekskaber	3D-kort - turisme, Krak mv	Militær	Ejendomsnægler	Boligselskaber	Ledningsejere	Arkitekt	Beredskabscenter	Administration, post mv.
	Kommune	Amt	Stat												
Nøjagtighedskrav	3	2	1	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2
Detaljeringsgrad	3	1	1	1	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2
Opdatering	2	1	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3
Enhedsopdeling	3	1	1	1	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2

Tabel 3.5 Beskrivelse af hvilke egenskaber der prioriteres i en 3D-bymodel for den enkelte bruger.

Som nævnt tidligere er en væsentlig del af dette projekt, hvorledes en enhedsopdeling i 3D-bymodellen skal udføres. Med udgangspunkt i ovenstående skema, beskrives kun de brugere, som skønnes at se en interesse i en enhedsopde-



ling. Det vil således være brugere, hvor enhedsopdelingen er kategoriseret til 2 eller 3.

### **Enhedsopdeling - kategori 2:**

- 3D-kort - turisme, Krak mv.
- Administration, post mv.

### **3D-kort - turisme, Krak mv.**

Af kategori 2-brugere, som kan have interesse i en 3D-bymodel opdelt på groft enhedsniveau, ser gruppen f.eks. Krak og turistbranchen.

Krak på Internettet anvender i dag traditionelle 2D-kort til brug ved fremvisning af resultatet af en adresseforespørgsel. I byområder, hvor mange bygninger består af flere etager, vil 2D-kortet ikke give en videre grundig beskrivelse af den egentlige placering af søgningsresultatet. Derfor synes en kombination af både 2D- og 3D-kort at være en løsning, der vil kunne bevare overblikket, samtidig med at det vil give ekstra information i 3D om placeringen af den enkelte forespørgsel. Gruppen mener ikke, at Krak har behov for en virkelighedstro enhedsopdeling, idet det er nok at vide, hvor en enhed i bygning er placeret, og ikke hvorledes udformningen af den enkelte enhed er.

Endnu en mulig bruger til en 3D-bymodel på enhedsniveau kan være f.eks. turistbranchen, som kan anvende modellen til reklame for byen samt som en information om, hvor forskellige attraktioner mm. er placeret. Her vil en grov enhedsopdeling også være

Den nøjagtighed som de to ovennævnte brugere har behov for i en fremstillet 3D-bymodel vurderes ikke til at skulle være specielt stor. Dette skyldes, at en nøjagtighed på mellem  $\frac{1}{2}$  - 5 m skønnes tilstrækkelig til at beskrive, enheders placering i en bygning. Mht. detaljeringsgrad mener gruppen, at en 3D-bymodel til brug for turistbranchen og Krak skal have teksturer, således at personen, der bevæger sig i modellen, har en bedre forståelse for, hvor vedkommende befinder sig og dermed bedre kan relatere modellen til virkeligheden. Gruppen me-

ner, at disse brugere kan anvende en model, som bliver opdateret ad hoc, dvs. at den opdateres, når der er et decideret behov for det.

### **Administration, post mv.**

En anden bruger af en 3D-bymodel med grov enhedsopdeling kan være offentlige og halvoftentlige administrationer af forskellig art. Det kunne f.eks. være administration af post, hvor det vil være muligt bedre at planlægge og optimere ruter for posten. Da en rute med f.eks. mange opgange vil kræve mere af et postbud end en rute med mange rækkehuse, vil det med modellen, være lettere at analysere ruterne og bestemme, hvor mange enheder den enkelte rute skal indeholde.

Nøjagtighed og detaljeringsgrad for 3D-bymodellen til brug for administration vurderes til at være den samme som i ovenstående afsnit, hvor brugerne var Krak og turisme.

Gruppen mener, at en administration har brug for en direkte opdatering, således at 3D-bymodellen bliver opdateret, så snart der er sket ændringer. Dette skyldes, at de har behov for løbende at kunne anvende en korrekt model.

### **Enhedsopdeling - kategori 3:**

- Kommuneplanlægning
- Ejendomsmæglere
- Boligselskaber
- Ledningsejere
- Arkitekter
- Beredskabscentre

I kategori 3 findes der ud fra gruppens synspunkt en del brugere. Karakteristisk for kategori 3 er, som beskrevet tidligere, at enhederne er opdelt virkelighedstro i 3D-bymodellen, således at hver enhed er udformet præcist, som den tager sig ud i virkeligheden. Her ses f.eks. brugere inden for planlægning i kommunen,

hvor den nøjagtige udformning af en enhed kan være til stor hjælp, når f.eks. byfornyelse skal planlægges.

Desuden ses der muligheder for f.eks. ledningsejere, som vil kunne benytte en virkelighedstro enhedsopdeling til at kunne præcisere rørførings placering. Ligeledes kan dette bruges til f.eks. at beregne hvor stort et tryk, der skal på vandsøjlen, for at alle enheder kan blive forsynet med vand.

Som ovenfor nævnt ser gruppen flere potentielle brugere til en 3D-bymodel med virkelighedstro enhedsopdeling. Dog vil en virkelighedstro enhedsopdeling være særdeles urealistisk at gennemføre, og dette gælder specielt, hvis dette skal ske på automatiseret vis. For det første er det en nødvendighed, at alle enheders præcise udformning er på digital form, og dette er langt fra tilfældet, idet mange lejligheders udformning kun er skitseret på papirform i dag. Dermed skal der ske en digitalisering af skitserne, før disse er brugbare.

For det andet vil det være en særdeles kompliceret sag at få indarbejdet denne virkelighedstro enhedsopdeling i en automatiseret generering af en 3D-bymodel, selv om enhedernes udformning er blevet digitaliseret. Dette skyldes, det høje antal af forskellige detaljer, der skal tages højde for, ikke kan generaliseres. Derfor vælger gruppen senere i projektet at se på, hvorledes en automatiseret grov enhedsopdeling kan fremstilles, da denne metode på nuværende tidspunkt er den mest realistiske løsning.

### **3.1.2 EKSISTERENDE METODE TIL 3D-BYMODELGENERERING**

Som et forsøg på at skildre hvorledes automatiserede 3D-bymodelgenererings-systemer kan udarbejdes, beskrives i dette afsnit en allerede fremstillet løsning til automatiseret fremstilling af 3D-bymodel. Denne beskrivelse vil basere sig på en artikel skrevet af Claus Brenner fra Institute for Photogrammetry, Stuttgart Universitet

### 3.1.2.1 Stuttgart metoden

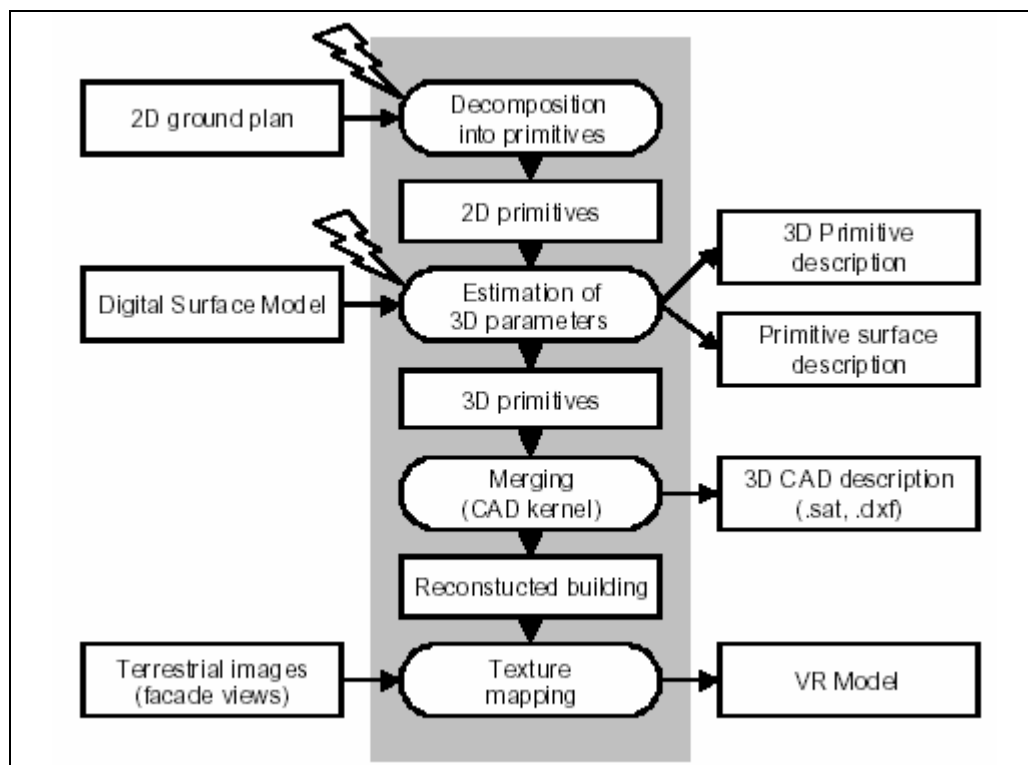
Stuttgart metoden er beskrevet i en artikel af Claus Brenner.<sup>2</sup> Som datagrundlag til metoden er valgt en DSM(eng: Digital Surface Model) med ca. 1 punkt pr. kvadratmeter indsamlet med TopoSys laserscanner. Det foreslås også, at det vil være muligt at anvende en DSM udarbejdet vha. image matching. Ved laser-scanning vil der ifølge Brenner fremkomme bedre målinger af stejle kanter, men der vil dog aldrig fremkomme helt vertikale bygningssider, grundet de forskellige interpolationer der sker. Ligeledes vil smalle veje ofte være svære at genskabe tilfredsstillende. Claus Brenner nævner også, hvorledes laserscannere kan have problemer med at måle til overflader, som består af specielle materialer.

Ud over DTM fra laser-scanning er det i Stuttgart valgt at anvende 2D-grundplaner som datagrundlag. Disse kan være i analog kortform eller digitalt i form af 2D-GIS. F.eks. nævnes brugen af matrikelkort som kortgrundlag, idet det indeholder grundplaner til bygninger.

Brenner omtaler både en automatisk og semi-automatisk rekonstruktion af bygninger, hvor workflowet i Figur 3.2 er gældende for begge parter. Venstre side af figuren indeholder input-data og højre side output-data. Lynene beskriver, hvor der kan modificeres og rettes i data.

---

<sup>2</sup> [Brenner]



Figur 3.2 Workflow for både automatisk og semi-automatisk fremstilling af 3D-bymodel[Brenner]

Indledningsvis nedbrydes 2D-grundplaner til 2D-primitiver i form af rektangler. Herefter findes parametrene for tagtype, bygningshøjde samt taghældning. Der sker herefter en udjævning vha. Mindste Kvadraters Princip<sup>3</sup> for at få den bedst mulige tilpasning af modellen til den anvendte DSM. Herefter konstrueres bygningerne, som senere kan blive eksporteret og konverteret til forskellige CAD-formater. Da en fuldstændig automatisk proces frembringer en række fejl og usikkerheder i resultatet, har de i Stuttgart valgt at fremstille et grafisk editingsværktøj, hvori det er muligt at rette i 2D-primitiver og samtidig få det vist i 3D.

Teksturer på bygningsflader og tagflader er det sidste område, som Brenner behandler. Teksturer til bygningsflader kan ske ved at tage billeder af bygnings-

<sup>3</sup> Metode til at finde bedste parametre for en flade med overbestemmelser.

flader med et kamera, oprette billederne og derefter vedhæfte dem på de retmæssige flader i 3D-bymodellen. Dette kan ske ved brug af minimum fire tie-points, som skal måles både på den fremstillede flade samt på det enkelte billede. Mht. tagfladeteksturer kan der anvendes luftfotos, som draperes ned over 3D-bymodellen. Dette kan gøres fuldautomatisk, idet den ydre orientering for de anvendte luftfotos er kendt.

## **3.2 LASERSCANNING**

Dette afsnit vil indeholde en analyse af emnet laserscanning med henblik på anvendelse af laserscanningsdata i forbindelse med automatiseret 3D-bymodelgenerering. Analysen vil indeholde overvejelser omkring, hvad laserscanningsdata er, hvorledes data kan anvendes, og hvor egnet laserscanningsdata er som datakilde for generering af 3D-bymodeller.

Afsnittet vil ikke indeholde en detaljeret beskrivelse af teknikken bag laserscanning.

### **3.2.1 ANVENDELSE**

Laserscanning er basalt set blot måling af to vinkler og en afstand, der også er kendetegnet ved polærmåling. Dette kan udbygges med registrering af intensitet og registrering af første og sidste returnerede signal. Laserscanning er en opmålingsmetode til relativt hurtig indsamling af store mængder målinger. Der kan være tale om enten terrestrisk eller luftbåren laserscanning. Der vil i dette projekt kun blive fokuseret på data indsamlet ved luftbåren laserscanning (TopoSys I).

Laserscanningsdata anvendes til mange forskellige opgaver, hvor det er en fordel at indsamle en stor datamængde på relativ kort tid. Der kan være tale om scanning af husfacader og skulpturer til brug for renovering, eller der kan være tale om indsamling af data til etablering af en DTM (eng: Digital Terrain Mo-

del) og en DSM, som kan samles under begrebet DEM (eng: Digital Elevation Model).

Laserscanning af byområder kan anvendes til etablering af en DBM (Digital By Model). Det er muligt at identificere højden på hustage og sædvanligvis også muligt at identificere tagstrukturen ud fra data. Det er i forbindelse med etablering af en DBM, gruppen planlægger at anvende laserscanningsdata til at identificere tagstruktur på bygninger og derigennem finde bygningens højde.

### **3.2.2 DATA**

Rådata, opsamlet ved laserscanning, består af en mængde observationer, der skal efterbehandles, således de fremstår som en mængde koordinater til de observerede punkter. Efterfølgende skal der foretages en filtrering og reduktion af data, for først og fremmest at fjerne støj og dernæst for at nedbringe datamængden til et acceptabelt<sup>4</sup> niveau.

Data, der er til rådighed for projektgruppen, er indsamlet med TopoSys I<sup>5</sup>.

### **3.2.3 NØJAGTIGHED/KVALITET**

Det planlægges, som tidligere nævnt, at anvende laserscanningsdata til etablering af en DBM. I denne forbindelse skal der fokuseres på punkttætheden, da det er en vigtig faktor med hensyn til bestemmelse af tagstrukturer og placering af bygninger. Data, der er til rådighed, er allerede gennemløbet en filtrerings- og reduceringsproces, således at data er arrangeret i et en-meter grid. Den proces data har gennemløbet er ikke kendt af gruppen. Der vil derfor ikke blive redegjort for denne.

---

<sup>4</sup> Det er fundet, at datamængden kan reduceres med mellem 20 til 90%, afhængigt af områdetypen, samtidig med at nøjagtigheden ikke forringes med mere end 15 cm. [Beck, 2001, s. 3]

<sup>5</sup> [www.toposys.com](http://www.toposys.com)

Kvaliteten af data, til anvendelse for identifikation af tagstrukturer, har gruppen ikke erfaringer med. Dog kan det nævnes at C. Brenner fra Stuttgart Universitet har foretaget en række forsøg, og anbefaler at der anvendes data med mindst fem målinger pr. m<sup>2</sup> [Brenner, C. s.24]. COWI A/S har oplyst, at der i rådata er mellem 10-15 observationer pr. m<sup>2</sup>

Nøjagtigheden af den reducerede data er henholdsvis ca. 10 cm i planen og ca. 15 cm i højden.

[COWI, 14.3.2003]

### **3.2.4 OPSUMMERING**

Laserscanningsdata vil være egnede som datakilde til automatiseret generering af 3D-bymodeller. Det vil være muligt at identificere højden på bygninger, samt analysere data i forbindelse med fladegenkendning til brug for etablering af tagstruktur. Nøjagtigheden af laserscanningsdata er sædvanligvis også ganske tilfredsstillende.

## **3.3 TEKNISKE KORT**

Dette afsnit vil omhandle tekniske korts anvendelsesmuligheder inden for emnet automatiseret generering af 3D-bymodeller. Afsnittet vil indeholde overvejelser omkring, hvad det tekniske kort er, dets anvendelse og hvilke kvaliteter/ulemper der er forbundet med at anvende det tekniske kort til automatiseret generering af 3D-bymodeller.

### **3.3.1 ANVENDELSE**

Tekniske kort anvendes i vid udstrækning af kommunerne. Det er kommunernes eget kortværk og det vedligeholdes og opdateres af kommunerne. I mange tilfælde er det dog et kortlægningsfirma, der forestår udarbejdelsen af tekniske kort og opdateringerne. Tekniske kort er i princippet udviklet til brug for regi-



strering af teknik i kommunerne. Udviklingen har dog siden medført, at kortene anvendes til bl.a. GIS og planlægning.

En af de mange anvendelsesmuligheder kan bl.a. ses på internetadressen [www.detaktiveaalborgkort.dk], hvor Aalborg Kommunes tekniske kort anvendes i flere forskellige sammenhænge.

Tekniske kort opdeles i tre grupper TK1, TK2 og TK3. Forskellen mellem de tre grupper ligger primært i, hvilke objekter der er registreret, og hvilken nøjagtighed der kan forventes i plan og højden. TK1 er standard i åbent land, TK2 er standard i landområder og TK3 er standard i byområder. Derfor vil det være TK3, der vil blive anvendt i det videre arbejde.

[TK99, 2003]

Datagrundlaget for udarbejdelsen af tekniske kort sker hyppigst gennem digitalisering af ortofotos, men der kan ligeledes supplerende datafangst ved terrestrisk detailopmåling.

### **3.3.1 NØJAGTIGHED/KVALITET**

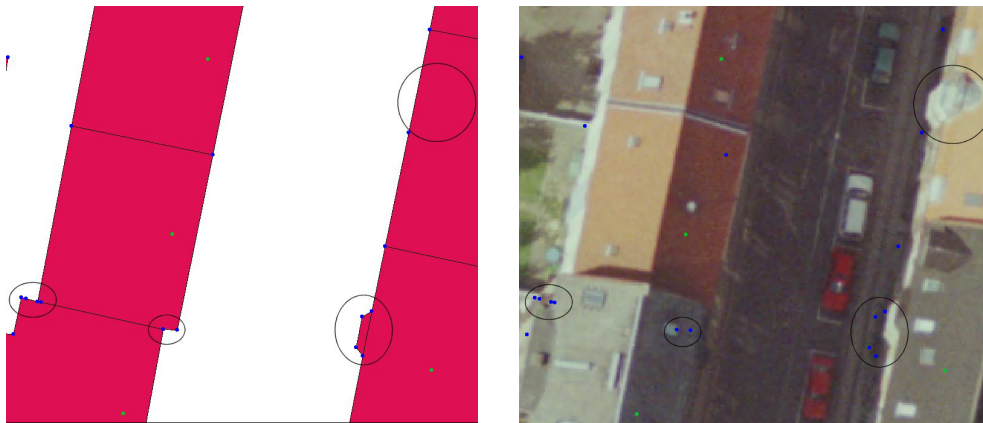
Ifølge TK99 kan der forventes en geometrisk nøjagtighed i plan og højde for TK3 på henholdsvis 10 cm og 15 cm samt en pilhøjde i planen på 20 cm. Denne nøjagtighed vurderes til at være tilfredsstillende. Dog skal det nævnes, at bygningspolygonerne er lavet ud fra bygningens tagudhæng, men de vil stadig være velegnede til at bestemme det område, hvor laserscanningsdataene skal analyseres i forbindelse med fladegenkendning.

Kvaliteten af tekniske kort er til dels afhængigt af, hvilken situation det anvendes i. Ved anvendelse til automatiseret generering af 3D-bymodeller er det primært bygningspolygonerne der tænkes anvendt. Anvendelsen af bygningspolygonerne skal sikre bygningernes placering. I denne sammenhæng vurderes det, at kvaliteten er tilfredsstillende.

[TK99, 2000, s. 11 - 13]

### 3.3.1.1 Problemområder i TK3

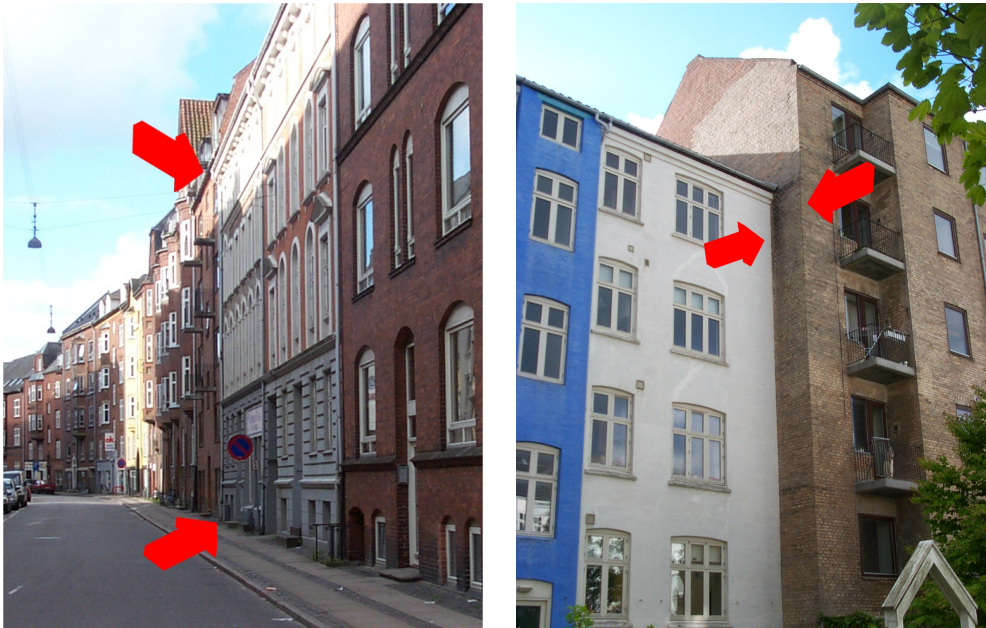
I TK99 findes specifikationerne for tekniske kort [www.scankort.dk/doku7/tk99-2.pdf]. Til trods for denne ellers ret detaljerede specifikation kan der forekomme uoverensstemmelser i tekniske kort. I Figur 3.3 er der vist nogle eksempler på disse.



Figur 3.3 Eksempel på uoverensstemmelser mellem det tekniske kort og virkeligheden

Billederne i Figur 3.3 viser et uddrag af det tekniske kort for Aalborg Kommune anno 2001. Uddraget er fra Holbergsgade, som ligger i den indre del af Aalborg. Det venstre billede viser registrerede polygonpunkter (blå prikker) og bygningspolygonerne (røde flader). Billedet til højre viser polygonpunkterne med DDO by 2001 som baggrund. Problematikken omkring polygonpunkternes ”lidt mystiske” placering vil blive behandlet i afsnit 3.4.

Problemområderne er vist med sorte cirkler. De to venstre cirkler omhandler forskydningen i mellem de to bygningspolygoner på ca. 1 m og de to cirkler til højre omhandler registreringen af karnapper. I situationen med forskydningen i facaden ligger problemet i, at der ikke er en forskydning i facaden ud mod vejen i virkeligheden (jf. Figur 3.4) og i situationen med de to karnapper ligger problemet i, at begge karnapper er ens. Det vil sige, at begge karnapper ses som del af tag og ingen af dem ”går i jorden”, hvilket bevirker at de begge enten skal eller ikke skal registreres. Disse problemer illustrerer en vis inkonsistens i det tekniske kort, hvilke ikke vil give det rette resultat i en automatiseret proces.



**Figur 3.4 Illustration af problem med forskydning i facaden**

Udover tekniske kort har gruppen også undersøgt muligheden for anvendelse af TOP10DK. Datagrundlaget for dette kortmateriale er dels fotogrammetriske nymålinger, dels eksisterende tekniske og topografiske kort. Desuden er der benyttet diverse kildematerialer og registre. Dette kortmateriale opdateres hvert 5. år. Nøjagtigheden er bedre end 1 m for veldefinerede objekter, hvor andre objekter vil have højere unøjagtighed. [<http://www.geodata-info.dk/ds.asp?DS=103>]

Da tekniske kort skal holde en nøjagtighed i planet på 10 cm, ses TOP10DK ikke som en fordelagtig datakilde at anvende. Desuden mener gruppen ikke, at TOP10DK er detaljeret nok i sin udformning. F.eks. kan det nævnes, at der ikke er registreret bygningsadskillelser inden for den samlede bygningspolygon.

### **3.3.2 OPSUMMERING**

Det tekniske kort vil kunne bruges ved automatiseret generering af 3D-bymodeller. Det er især bygningspolygonerne, der vil være anvendelige, da de viser bygningens udstrækning i planen. Da bygningspolygonerne primært vil blive anvendt til at placere bygningen, samt at lokalisere det område af laser-scanningsdataene der skal analyseres i forbindelse med fladegenkendning, anser gruppen bygningspolygonerne fra det tekniske kort som yderst egnede som datakilde til en automatiseret proces. TOP10DK ses derimod som en mindre egnet datakilde, grundet dets unøjagtighed samt manglende detaljer i kortet.

## **3.4 ORTOFOTO**

Dette afsnit vil beskæftige sig med ortofotos og deres anvendelighed til automatiseret generering af 3D-bymodeller. Dette indebærer ligeledes en beskrivelse af nøjagtighed og kvalitet af ortofoto, samt hvilke anvendelsesmuligheder der er for denne korttype. Herunder vil problemområder ved ortofoto blive beskrevet.

### **3.4.1 NØJAGTIGHED/KVALITET**

Der findes forskellige typer af ortofotos alt afhængig af, hvilket behov der er til nøjagtigheden. F.eks. findes der på geodatabibliotekets netværksdrev på Aalborg Universitet under \\geodata\ortofoto\_mv en række Ortofotos(DDOland) fra 1995-1999, hvor pixelopløsning er på 40 cm og DDOby2001 som det nyeste med opløsning på 10 cm. Til landområder mv., hvor der ikke er specielt høje krav til opløsningen, vil ortofoto med en pixelstørrelse på 40 cm være rigeligt til præsentation, hvorimod der ved byområder, hvor der evt. skal ske en grundigere undersøgelse i billederne, foretrækkes en pixelstørrelse på 10 cm for at få flere detaljer med i billedet.

Ligeledes er nøjagtigheden af den anvendte DTM særdeles vigtig for resultatet af det udarbejdede ortofoto. DTM'en kan enten være frembragt ved automatisk

matching i en DFA<sup>6</sup>, eller den kan afledes fra eksisterende kortdata. Hvor nøjagtig DTM'en afhænger af, hvor strenge krav der er sat til maksimal fortegning i ortofotoet og selvfølgelig, hvor godt terrænmodellen repræsenterer terrænoverfladen. [[http://www.norkart.no/kartavd/foredrag\\_ortofoto.htm](http://www.norkart.no/kartavd/foredrag_ortofoto.htm)]

### 3.4.2 ANVENDELSE

Ortofotos bliver i dag hyppigt anvendt som kilde til indsamling af geodata samt til forskellige visualiseringsformål. Nedenfor er nævnt forskellige anvendelsesmuligheder ved brug af ortofoto.

- Visualisering af projektforslag
- Projekteringsgrundlag
- Analyse af arealanvendelse
- Genkendelse af objekter
- Baggrundsbilleder for andre kortinformationer, f.eks., tekniske kort, matريكort, markblokkort og TOP10DK
- Præsentationsmateriale og borgerinformation
- Måling af afstande og arealer
- Kontrol med andre kortprodukter
- 3D visualisering, drapering på højdemodel

[<http://www.kampsax.dk>]

Inden for automatiseret fremstilling af 3D-bymodeller er det specielt punkterne omkring ”genkendelse af objekter” samt ”3D visualisering, drapering på højdemodel”, der har interesse.

Ved genkendelse af objekter vil der kunne ses muligheder inden for en automatiseret genkendelse af forskellige tagformer. Hvis der f.eks. oprettes en database indeholdende forskellige typer af tagkonstruktion vil der, i det fremstillede ortofoto, være mulighed for at søge efter kendte tagformer ved brug af kantgenken-

---

<sup>6</sup> Digital Fotogrammetrisk Arbejdsstation



dingssoftware. I denne sammenhæng må problematikken omkring skygger i ortofotos nævnes.



**Figur 3.5** Illustration af edgedetection i ortofoto i henholdsvis Photoshop(nederst venstre) og ArcView(nederst højre)

Som det tydeligt ses af øverste billede i Figur 3.5, så består ortofotoet af mange skygger alt afhængig af, hvornår på dagen og året billedet er taget. Dette har den ulempe, at kantgenkendingssoftware i programmer som f.eks. Photoshop og ArcView, ofte genkender skygger som decideret kanter. Grunden til dette er de klare kontrastforskelle, som netop fremkommer ved overgang fra lys til skygge i ortofotoet. Dermed medtages der kanter, som ikke eksisterer i virkeligheden. Dette medfører, at anvendelse af standardiseret kantgenkendingssoftware ikke

umiddelbart er brugbart, hvis formålet er kun at genkende tagstrukturer på bygninger i ortofotoet. Hvis sådan software skal anvendes, er det nødvendigt med en manuel redigering i de fundne resultater for at få sorteret ”skyggekanter” fra.

Det andet punkt, som er af interesse, omhandler 3D visualisering, drapering af ortofoto på højdemodel. Dette punkt er, i modsætning til foregående punkt, mere til brug for at give det endelige resultat, i form af en 3D-bymodel, et visuelt flottere finish. Dette gælder specielt for hustage samt andre mere eller mindre vandrette flader, som, vha. ortofotoet, bliver gengivet mere eller mindre virkelighedstro i 3D-bymodellen. Til bygningsfacader vil det dog være fornuftigt at anvende digitale billeder for at få et tilfredsstillende visuelt resultat.

Herudover vil der opstå komplikationer, idet de anvendte ortofotos ikke er true ortofotos<sup>7</sup>. Det ses tydeligt i Figur 3.5 og Figur 3.6 at disse ikke er true ortofotos, idet det er muligt at se bygningsfacader mv. i billedet. True ortofotos er ikke til rådighed for gruppen.



**Figur 3.6 Problemer ved anvendelse af tekniske kort til edgedetection i ortofoto**

---

<sup>7</sup> Oprettede ortofotos, hvor også objekter over terræn er projiceret ortogonalt

Ved brug af tekniske kort til afgrænsning af kantgenkendingsområde i ortofotoet vil der opstå fejl i resultatet, idet ortofoto og tekniske kort ikke stemmer overens. Dette ses specielt hvor bygningerne er høje, idet afvigelserne her er størst jf. Figur 3.6 (højre side af rød polygon). Dermed vil der blive fundet kanter, som ikke hører til tagstrukturen, og da det er tanken, at der kun skal findes kanter til tagstrukturen, vil det fremkomne resultat være fejlbehæftet. Derfor mener gruppen ikke, at ortofotoet umiddelbart er anvendeligt i en sammenhæng med andre datakilder til genkendning af kanter på tagstrukturer.

### **3.4.3 OPSUMMERING**

Gruppen mener ikke, at ortofoto er en velegnet datakilde til brug for en automatiseret fremstilling af 3D-bymodel. Dette er der flere årsager til. For det første vil skyggeforhold i ortofoto gøre det problematisk udelukkende at genkende kanter til tagstrukturer, idet kantgenkendingssoftware vil registrere skygger som egentlige kanter, hvilket ikke stemmer overens med virkeligheden. Derudover virker ortofoto umiddelbart problematisk at kæde sammen med andre datakilder, samt at der, som nævnt ovenfor, vil opstå problemer når tekniske kort anvendes til afgrænsning af, hvor kantgenkendingen i ortofotoet skal finde sted. Dog ses der evt. mulighed for at anvende ortofoto udelukkende til visuelt formål, dvs. således at det endelige resultat, i form af en 3D-bymodel, kan få en flot finish i form af virkelighedstro teksturer på tage og andre mere eller mindre vandrette flader.

### **3.5 OFFENTLIGE REGISTRE**

I det efterfølgende afsnit vil der blive set nærmere på offentlige registres anvendelsesmuligheder til automatiseret generering af 3D-bymodeller samt enhedsopdeling af ejendomme.

Af de offentlige registre vil det kun være Bygnings- og Boligregisteret (BBR), der vil blive undersøgt i dette afsnit, da de væsentligste oplysninger til opbygning af en 3D-bymodel, samt enhedsopdeling, kan findes i dette register.



Hvis det senere ønskes at tilknytte andre offentlige registre med 3D-bygmodellen, vil det vha. BBR, være muligt at kunne finde eventuelle referencer hertil, evt. ved at benytte KrydsReferenceRegistret (KRR).

### **3.5.1 BBR**

BBR er et landsdækkende register, som blev oprettet i 1976, og indeholder en systematisk registrering af bygnings- og boligforholdene.

Baggrunden for dette var, at der var enkelte kommuner der havde påbegyndt oprettelsen af egne databaser over bygninger til brug for ejendomsvurdering. For at der fra skatteministeriets side kunne foretages ensartede ejendomsvurderinger, blev der opstillet et ønske om oprettelsen af et BBR. Dertil kom at staten brugte store beløb på folke- og boligtællinger, og derfor vedtog oprettelsen af BBR, hvorved det ville komme til at koste en brøkdel af det hidtidige beløb for folke- og boligtællinger.

Det er registerets formål at stille oplysninger til rådighed for ejendommens ejer, offentlige myndigheder, koncessionerede selskaber, personer og virksomheder.

Registeret anvendes både af de statslige, amtskommunale og kommunale myndigheder samt af forsyningsselskaber og den private sektor.

I 1976 blev der udsendt et BBR-skema til samtlige ejere af faste ejendomme i Danmark. Skemaernes blev over en toårig periode indtastet, hvorefter BBR var oprettet. Da alle oplysningerne blev dannet ud fra ejernes egne udsagn, medførte det, at registrene er af en ringe datakvalitet. Hvis ejerne opdager fejl eller mangler i BBR, er de forpligtet til at indberette ændringerne. Registret bliver endvidere opdateret ved byggesager. I år 2000 viste det sig, at ca. 34 % af alle registreringer i BBR bestod af de oprindelige oplysninger, som blev udført af ejerne selv i begyndelsen af 1970'erne.

[Daugbjerg, P. og Hansen, K. V. 2000]

BBR indeholder grunddata om bygnings- og boligforhold og en entydig registrering af alle enheder samt de tilknyttede adressebetegnelser. BBR omfatter

samtligge bygninger, hvilket betyder, at registret også omfatter bebyggelser, der er undtaget fra ejendomsvurderingen (f.eks. kirker).

Erhvervs- og Boligstyrelsen, som er under Økonomi- og Erhvervsministeriet, har det overordnede ansvar og har delegeret opgaverne med vedligeholdelse af retningslinierne, vejledningerne og udvikling af registret til Kort & Matrikelstyrelsen.

Det er kommunernes opgave at ajourføre, opdatere og vedligeholde data i BBR. Registret opdateres løbende via kommunernes indrapportering af data bl.a. i forbindelse med byggesagsbehandling. Den enkelte ejer er forpligtet til at rette henvendelse til kommunen såfremt det konstateres, at der er ukorrekte data i BBR.

Oplysningerne i BBR er opdelt på tre niveauer:

- Ejendom
- Bygning
- Enhed

For alle bebyggede ejendomme, der indgår i BBR, er der foretaget en gruppering af oplysningerne. Grupperingen er foretaget ud fra det synspunkt, at nogle oplysninger for en ejendom er fælles for hele ejendommen, nogle er fælles for en bygning og endelig vedrører nogle alene en bolig, erhvervs- eller institutionsenhed.

Det vil, til generering af 3D-bymodeller med enhedsopdeling, primært være oplysninger fra bygnings- og enhedsniveauet, der vil kunne anvendes. Fra bygningsniveauet vil det være oplysninger omkring adressen og antal etager, der anses for at være anvendelige. Fra enhedsniveauet vil der yderligere kunne findes oplysninger om fordelingen og antallet lejligheder, samt lejlighedernes areal.

Oplysningerne kan til projektet benyttes indenfor to områder. Til selve opbygningen af en 3D-bymodel og til enhedsinddelingen. Hvis BBR skal supplere laserscanningsdata til opbygningen af en 3D-bymodel, skal der være en ”nøgle”

mellem dataene. Dette kunne meget vel være i form af adressen, der bl.a. består af kommunenummer, vejkode, husnummer, bogstav, etage og side.

Til enhedsinddelingen skal det være muligt at få oplysninger om, hvor mange etager bygningen består af, samt hvor mange lejligheder der er at finde på den enkelte etage. Afhængig af detaljeringsgraden kan der benyttes oplysninger fra enhedsniveauet omkring samlet enhedsareal og antal værelser. Data er let tilgængelig, da de findes i tabelform.

[Daugbjerg, P. og Hansen, K. V. 2000], [<http://www.ois.dk>, se under ”om registre”]

### **3.5.1.1 Kvalitetsvurdering**

Vurderingen af, om BBR's datakvalitet er høj nok, er meget svingende alt afhængig af, hvilken part der anvender BBR. F.eks. mener Told & Skat, at kvaliteten af BBR er tilfredsstillende, idet det er muligt at gennemføre vurderinger af fast ejendom på grundlag af BBR. Derimod mener f.eks. projekterende (bygherrer mm.) ikke, at kvaliteten er høj nok til at kunne basere en byfornyelse på anvendelsen af BBR-data. [Daugbjerg, P. og Hansen, K. V. 2000, side 79]

Til vurdering af datakvaliteten er følgende kommentar relevant at tage i betragtning: *”Datakvaliteten er tilstrækkelig til oversigtlige eller summariske anvendelser, medens man må mane til forsigtighed ved anvendelse, hvor den individuelle oplysning har en stor betydning, f.eks. egentlig sagsbehandling. Skal der anvendes data fra et enkelt afgrænset område, vil en forespørgsel hos kommunen om kontrolindsatsen kunne give et vigtigt bidrag til vurdering af datakvaliteten.”* [Daugbjerg, P. og Hansen, K. V. 2000, side 81]

### **3.5.1.2 Personfølsomme data**

Med henblik på behandling af personfølsomme data, er det gruppens opfattelse, at behandling af data med henblik på enhedens geografiske position, herunder

adressen, ikke vil være at krænke ejere/lejere af en enhed. Nogle enkelte personlige oplysninger i BBR er ikke frit tilgængelige.

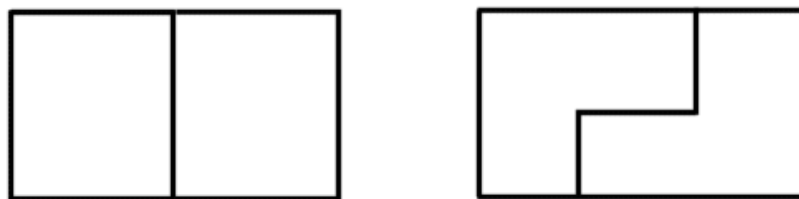
F.eks. er det på den Offentlige Informations Server (OIS) kun oplysningerne for bygningsareal, der er tilgængelig for ejeren. Hvis disse oplysninger udelukkende benyttes til at foretage en grov opdeling af en enhed, anses det ikke for værende noget problem at anvende disse oplysninger til selve opbygningen af en 3D-bymodel samt til enhedsopdeling.

[<http://www.ois.dk>, se under ”om registrene”]

### 3.5.2 BRUGEN AF OFFENTLIGE REGISTRE

I dette projekt, hvor der skal opbygges en 3D-bymodel, som derefter skal opdeles i enheder, kan de offentlige registre (BBR) primært anvendes til enhedsopdelingen. Hertil vil det primært være oplysninger omkring antal etager og enhedernes arealer. Desuden kan der ved iagttagelse af antal adresser bestemmes antal enheder pr. etage.

Ulempen ved brug af BBR er, at der ikke er koordinatoplysninger eller andre oplysninger, hvoraf det er muligt at genskabe en præcis model, hvorfor der kun kan blive tale om en grov model.



**Figur 3.7** Eksempel på en problemstilling der ikke kan løses vha. oplysningerne i BBR (set oppe fra).

I ovenstående figur er der illustreret blot et enkelt eksempel på en problemstilling, som ikke kan løses ved brug af BBR, nemlig eventuelle overlap.

Ud over de nævnte oplysninger, vil det være naturligt at benytte adressen til at identificere de enkelte enheder. Derved vil der kunne skabes et link mellem 3D-bymodellen og registeroplysninger.

Ligeledes vil det være nødvendigt at overveje, hvad der skal gøres, hvis en etage indeholder flere eller færre enheder end de resterende etager. Det vil her muligvis være fornuftigt at foretage en form for kontrol af den enkelte enheds areal, for at finde ud af om der vitterligt er flere/færre enheder på etagen, eller om registrene indeholder fejl. Dette vil blive uddybet i afsnit 9.4.

### **3.5.3 OPSUMMERING**

Gruppen ser BBR-data som en meget anvendelig datakilde til hjælp for fremstilling af 3D-bymodel. Dette gælder specielt for opdeling af bygninger i enheder, hvor BBR indeholder en lang række nyttige information så som antal etager, antal enheder og deres placering i bygningen. Dog skal der manes til forsigtighed med anvendelse af BBR-data, idet rigtigheden af data kan være af svingende karakter, og dermed kan meget konkrete dataanalyser give et forkert resultat. Hvis data dog bruges i større og bredere omfang, mener gruppen at den er anvendelig til formålet.

# **Kapitel 4**

## **Problemformulering**

## 4 PROBLEMFORMULERING

Dette kapitel vil indeholde den endelige problemstilling, som er fremkommet ud fra arbejdet i foranalysen. Problemformuleringen vil dog først indeholde en kort opsummering af de enkelte kapitlers indhold i foranalysen.

Foranalysen tog udgangspunkt i det initierende problem, der lød:

*”Hvilke datakilder kan en automatiseret proces til 3D-bymodellering med enhedsopdeling bestå af, og hvor egnede er de?”*

Foranalysen startede dog med at foretage en brugeranalyse. Gruppen mener, at der er få brugere til et program til fremstilling af 3D-bymodeller, men derimod er der adskillige brugere af en færdig 3D-bymodel. Af brugere af programmet til automatiseret fremstilling ses specielt opmålingsfirmaerne. Brugere af en 3D-bymodel med grov enhedsopdeling af bygninger vil specielt være turistbranchen og Krak, for at kunne servicere kunder og turister på et højere niveau end det i dag er tilfældet.

Ud fra gruppens mening er laserscanningsdata særdeles anvendelig til opbygning af en 3D-bymodel, idet laserscanningsdata indeholder et væld af informationer med forholdsvis høj nøjagtighed og derfor vil være ideel til dette formål.

Tekniske kort ses som en god supplerer til laserscanningsdata, idet det hermed er muligt at præcisere og afgrænse, hvor i laserscanningsdata der findes bygninger, og hvor der dermed skal søges efter flader.

Ortofotos ses ikke som en specielt egnet kilde til brug for en automatiseret fremstilling af en 3D-bymodel, idet det umiddelbart vil være kompliceret at sammenkæde ortofoto med andre datakilder. For at ortofotos kan anvendes, er det nødvendigt at fremskaffe true ortofotos, hvilket umiddelbart ikke er muligt. Selv med true ortofotos til rådighed ses det som en særdeles kompliceret sag at sammenkæde dem med andre datakilder.

Til enhedsopdelingen er BBR den eneste af de behandlede datakilder som opererer med enhedsbegrebet, og dets egnethed anses for værende oplagt til dette projekt. BBR indeholder udover adressen oplysninger omkring antal etager,

antal enheder, enhedernes placering og deres areal. For at BBR skal kunne anvendes til opbygning af en 3D-bymodel, skal der benyttes en ”nøgle” til evt. supplerende registerdata såsom ESR. Her ser gruppen umiddelbart adressen i form af kommunenummer, vejkode, husnummer, bogstav, etage og side som en fornuftig løsning.

Den endelige problemformulering lyder som følgende:

**”Hvordan udvikles der en metode til at kæde laserscanningsdata, tekniske kort og registerdata sammen, således det er muligt at automatisere fremstillingen af en 3D-bymodel opdelt på enhedsniveau?”**

Det videre projekt vil derfor beskæftige sig med følgende emner:

- Analyse af anvendelsesområder (OOA&D)
- Datastruktur og topologi for en 3D-bymodel
- Løsningsforslag til anvendelse af tekniske kort
- Løsningsforslag til anvendelse af laserscanningsdata
- Løsningsforslag til anvendelse af BBR
- Løsningsforslag til enhedsopdeling af bygninger
- Vurdering af om det opnåede resultat er tilfredsstillende



## **4.1 PROJEKTAFGRÆNSNING**

Der vil altid forekomme begrænsninger i forhold til problemformuleringen, idet der sjældent er mulighed for at beskæftige sig med alle faktorer inden for et emneområde.

I dette projekt vil der først og fremmest blive afgrænset fra at udvikle et produkt, som på fuldautomatisk vis vil kunne fremstille en 3D-bymodel. Formålet er at automatisere processen for derved at nedbringe det manuelle arbejde.

Gruppen har valgt at anvende simple bygninger til fremstilling af 3D-bymodel, i den grad der nu er mulighed for det. Dermed afgrænses der fra at anvende komplekse bygninger, såsom hjørnebygninger, idet gruppen mener, at det er mest fornuftigt at starte i det simple, hvorefter det altid er muligt at udbygge produktet til at kunne håndtere mere komplekse strukturer, når først grundstenene i produktet er på plads. Ligeledes er det valgt at se bort fra mere komplekse tagstrukturer samt at frasortere objekter som karnapper, skorstene o. lign. for at simplificere fremstillingen af 3D-bymodellen mest muligt.

Opdelingen af enheder vil foregå på groft niveau, dvs. at de enkelte enheder ikke vil blive opdelt således, at de gengiver virkeligheden i form af enhedernes præcise udformning mht. placeringer af rum osv., men kun med kasser for den enkelte enhed.

# Kapitel 5

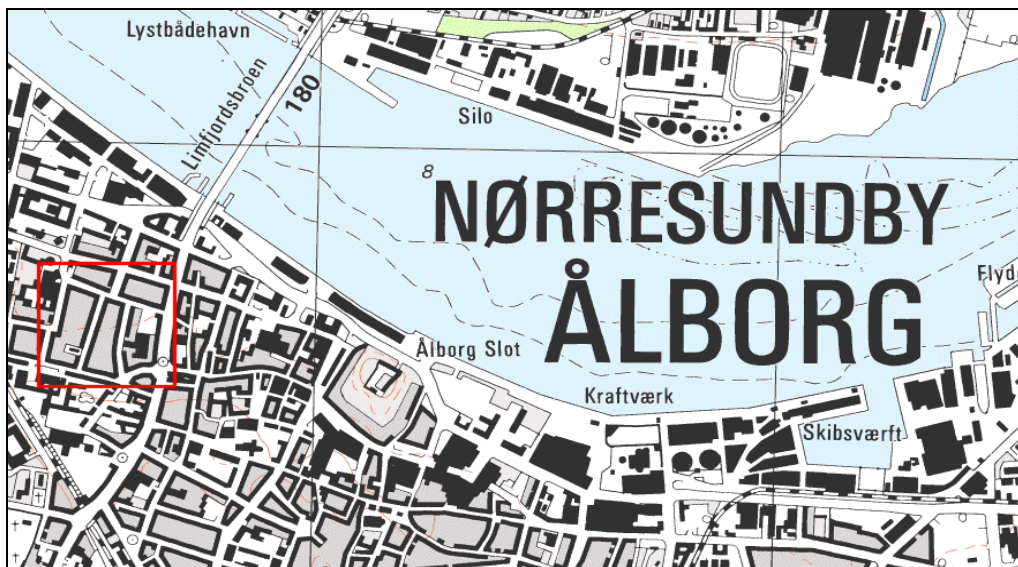
**Projektområdet**

## 5 PROJEKTOMRÅDET

Dette kapitel vil omhandle området, der er valgt som forsøgsområde i projektet, og hvorfor dette er valgt.

### 5.1 HOLBERGSGADE

Der er udvalgt et område omkring Holbergsgade i Aalborg Midtby. På Figur 5.1 kan det valgte områdes placering (rød firkant) ses i et større perspektiv.



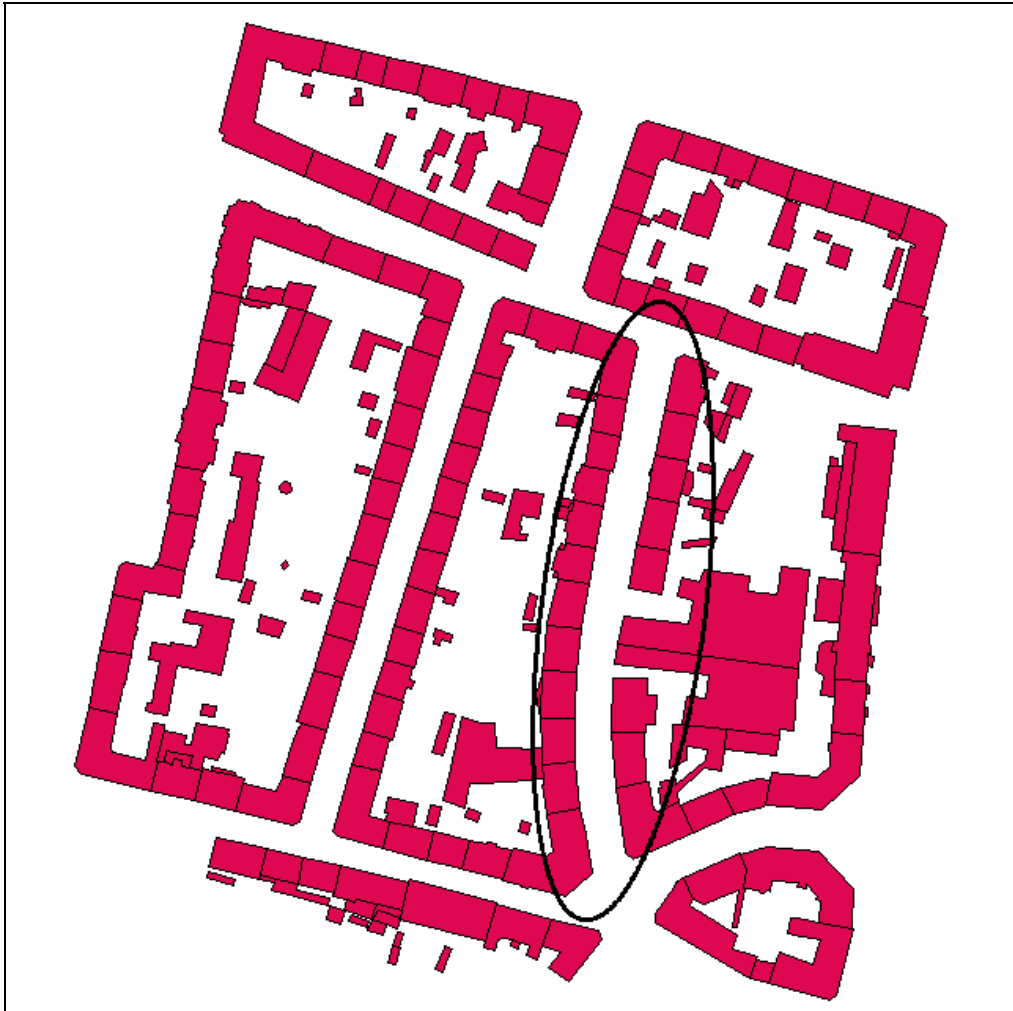
Figur 5.1 Oversigtsbillede over det valgte områdes placering i Aalborg.

Der er flere grunde til, at gruppen har valgt at arbejde med dette område. Først og fremmest er bygningerne i området af nogenlunde samme højde og udformning. Det er i overvejende grad fire-femeters bygninger og dermed kan det forventes, at der er flere enheder i hver bygning.

Ydermere forventes det, at der i efteråret 2003 ankommer en Ph.d. studerende (Jantien Stoter) fra det Tekniske Universitet i Delft, Holland, som skal udarbejde en case om 3D-matrikelregistrering i Danmark med udgangspunkt i det valgte område.

Det valgte område består af adresser i følgende gader i Aalborg:

Badehusvej, Borgergade, Dalgasgade, Holbergsgade, Jens Bangs Gade, Korsgade, Reberbansgade, Svendsgade, Urbansgade, Vendelbogade og Vesterbro.



**Figur 5.2 Uddrag af TK 2002 for Aalborg Kommune**

Billedet i Figur 5.2 viser det udsnit af Aalborg Kommunes tekniske kort, der er valgt at arbejde ud fra i den videre proces. Den sorte ellipse i billedet viser Holbergsgade, som er den gade arbejdet vil blive koncentreret omkring. Det decidede testområde består af Holbergsgade 4-22.

# **Kapitel 6**

**Analyse af anvendelsesområder**

## 6 ANALYSE AF ANVENDELSESOMRÅDER

Det er i kapitel 2 valgt at anvende OOA&D i forbindelse med applikationsudvikling. Det er ligeledes valgt at begrænse anvendelsen af OOA&D til kun at omhandle analyse af anvendelsesområder. Dette valg blev begrundet med, at OOA&D er et omfattende redskab til systemdesign, og det derfor har været nødvendigt at udvælge centrale områder, der kan hjælpe i den aktuelle situation. Ligeledes gør forfatterne til OOA&D opmærksom på, at OOA&D ikke er en metode, der skal følges slavisk men, at der derimod skal udvælges områder, som har relevans for opgavens karakter.

Formålet med analysen af anvendelsesområdet er at få klarhed over, hvordan applikationen skal bruges, hvilke funktioner applikationen skal have, samt hvilken grænseflade der skal være. Disse tre emner anses for at være de vigtigste i forbindelse med, hvilke krav der kan stilles til applikationen.

Analysen af ”brug” fokuserer på, *hvad* applikationen skal lave af opgaver og hjælper til at identificere, *hvordan* applikationen skal løse opgaverne, hvilket bliver analyseret under ”funktioner”. Afslutningsvis er de to analyser anvendelige ved udarbejdelse af applikationens grænseflader.

### 6.1 BRUG

Formålet med dette afsnit er at få klarlagt brugen af applikationen og derigennem, hvilke aktører der kan forventes at komme i forbindelse med applikationen. Begrebet aktører dækker både over personer og andre applikationer/programmer eller systemer.

Der fokuseres på, hvordan systemet/applikationen skal bruges. Dette gøres ved hjælp af udarbejdelse af brugsmønstre, som vises gennem tilstandsdiagrammer, der viser applikationens anvendelsesområde.

[Mathiassen m.fl., 2001]

### 6.1.1 AKTØRER OG BRUGSMØNSTRE

I første omgang identificeres forskellige aktører og brugsmønstre, og der oprettes en aktørtabel for at skabe et overblik over, hvilke brugsmønstre der kræves i et sammenspil mellem flere aktører og deres interaktion med applikationen.

Et brugsmønster er et mønster for interaktion mellem systemet/applikationen og aktører i anvendelsesområdet og en aktør er en abstraktion over brugere eller andre systemer/applikationer, der interagerer med systemet [Mathiassen m.fl., 2001, s.118].

<u><i>Brugsmønstre</i></u>	<u><i>Aktører</i></u>		
	Operatør	DBMS	VRML
Lav punktsky	X		X
Lav TIN-model	X		X
Generer 3D-bymodel med enhedsopdeling	X		X
Generer resultatfil	X	(X)	

Tabel 6.1 Aktørtabel for applikationen

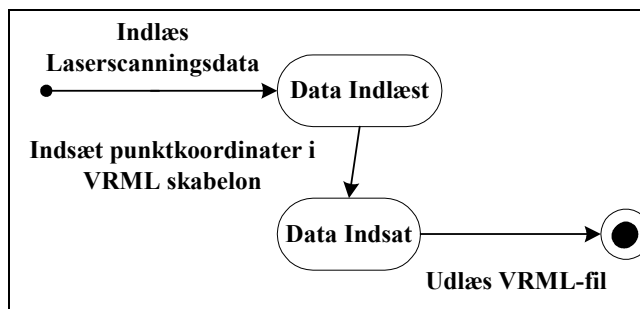
Som aktører er der valgt: operatør, DBMS og VRML. Operatøren er den person der skal betjene applikationen. DBMS og VRML er medtaget som aktører, ikke fordi de er egentlige systemer, der interagerer med applikationen, men fordi både DBMS og VRML stiller krav til udviklingen af applikationen. DBMS stiller krav til navngivningen af elementer og objekter i form af topologi, og VRML stiller krav til, hvorledes der skal visualiseres.

Som det ses i Tabel 6.1, er der identificeret fire brugsmønstre for applikationen. Brugsmønstrene ”lav punktsky” og ”lav TIN-model” er to stort set ens brugsmønstre. De er rettet mod en visuel præsentation af laserscanningsinddata og de viser henholdsvis en punktsky og en TIN-model af det valgte laserscanningsdatasæt. Brugsmønstret ”generer 3D-bymodel med enhedsopdeling” er kerneområdet for applikationen. Dette brugsmønster er rettet mod selve ”opgaveløsningen”, som er at fremstille en 3D-bymodel med opdeling på enhedsniveau og er

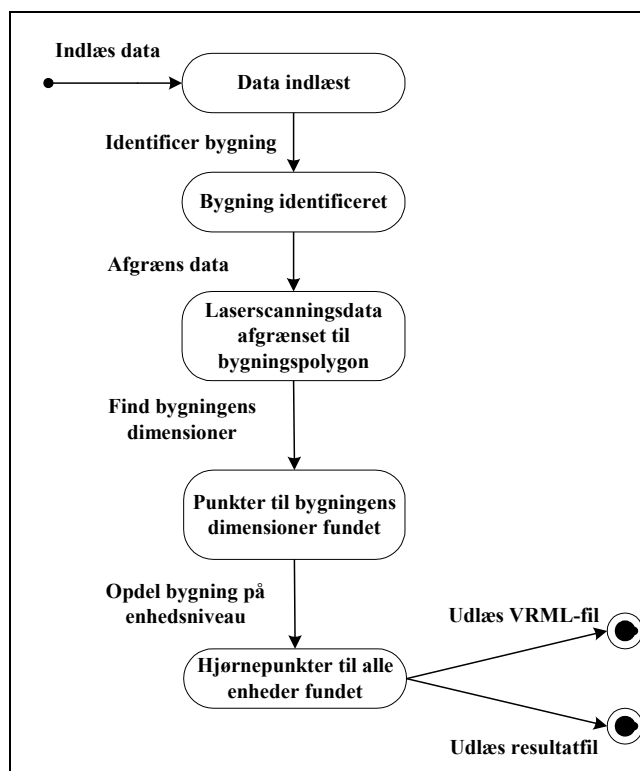
derfor et lidt mere omfattende brugsmønster end de to foregående. Det sidste brugsmønster, ”generer resultatfil”, er rettet mod selve resultatet af opgaveløsningen nemlig oprettelsen af en resultatfil, der kan integreres i et DBMS.

Efterfølgende er der mulighed for at lave et tilstandsdiagram for de enkelte brugsmønstre. Disse tilstandsdiagrammer benyttes senere i definitionen af funktioner og grænseflader til at hjælpe med til at skabe et overblik over, hvilke funktioner og grænseflader der benyttes til de forskellige brugsmønstre.

Figur 6.1 viser tilstandsdiagrammet for brugsmønstret ”lav punktsky”. Som det ses, indlæses data, koordinaterne indsættes i en VRML skabelon og der gemmes en fil. Tilstandsdiagrammet for brugsmønstret ”lav TIN-model” adskiller sig ikke fra Figur 6.1. Der er derfor ikke lavet et separat diagram til dette brugsmønster.



Figur 6.1 Tilstandsdiagram for ”lav punktsky”



Figur 6.2 Tilstandsdiagram for ”generer 3D-bymodel m. enhedsopdeling

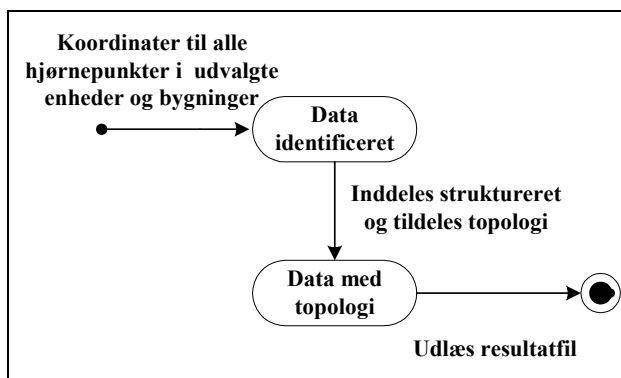
Figur 6.2 viser tilstandsdiagrammet for brugsmønstret

”generer 3D-bymodel med enhedsopdeling”. Diagrammet viser, hvordan appli-



kationen skal nå frem til et resultat. Bygningen skal identificeres, inddata skal begrænses til den aktuelle bygning, bygningens dimensioner skal findes, bygningen skal indeles på enhedsniveau og der skal oprettes en resultatfil enten til visualisering eller til videre brug i database.

Figur 6.3 viser tilstandsdiagrammet for ”generer resultatfil”. Diagrammet viser, hvordan applikationen genererer en resultatfil ved at tage alle koordinaterne til hjørnepunkterne i udvalgte enheder og bygninger, tildeles topologi og derefter gemmer som en fil der kan indlæses i et DBMS.



Figur 6.3 Tilstandsdiagram for ”generer resultatfil”

I dette afsnit er der blevet redegjort for, hvordan applikationen skal bruges. Det er klarlagt, at der er fire brugsmønstre og der er udarbejdet tilstandsdiagrammer for disse fire brugsmønstre.

## 6.2 FUNKTIONER

Dette afsnit vil omhandle funktionerne i applikationen. Det vil blive klarlagt, hvilke funktioner applikationen skal indeholde, og hvordan de fungerer. Dette vil blive gjort med baggrund i de fire brugsmønstre, der er udarbejdet i foregående afsnit. Der fokuseres på hvad det er, applikationen skal gøre. [Mathiassen m.fl., 2001]

### 6.2.1 APPLIKATIONENS FUNKTIONER

I dette afsnit vil der blive fremstillet en komplet liste over funktioner i applikationen. Denne liste tager udgangspunkt i de foregående tilstandsdiagrammer. Tilstandsdiagrammerne vil blive analyseret et efter et og resultatet vil blive indsat i Tabel 6.2. Det er valgt at dele tabellen op i emner for at øge overskueligheden. Inddelingen passer i grove træk til brugsmønstrene.

Først og fremmest er der funktionerne ”indlæs data” og ”udlæs data”. Disse funktioner er universelle, da applikationen ikke kan fungere uden data og da det ikke giver mening ikke at kunne gemme data.

Fra Figur 6.1 ses det, at der er behov for en funktion til at indsætte koordinater i en VRML-skabelon. Denne funktion er ens for de to brugsmønstre ”lav punktsky” og ”lav TIN-model”. Eneste forskel ligger i, hvilken skabelon der indsættes data i.

I tilstandsdiagrammet Figur 6.2 findes der en hel del funktioner skjult i de generelle begreber, der er benyttet. For at kunne identificere en bygning, skal der være en funktion til at finde den rigtige bygningspolygon(adresse) og afgrænse laserscanningsdataene efter denne polygon.

Bygningens dimensioner skal findes, hvilket ligeledes kræver en række funktioner. Det er nødvendigt at finde en beskrivelse af tagfladerne for at have en afgrænsning af bygningen i højden. Disse tagflader skærer både hinanden(tagryg), og de skærer bygningspolygonens afgrænsninger.

<b>Universelle funktioner</b>
Indlæs data
Udlæs data
<b>Lav punktsky og TIN-model</b>
Indsæt data i VRML-skabelon
<b>Generer 3D-bymodel med enhedsopdeling</b>
Find bygningspolygon
Find bygningspolygonens adresse
Afgræns laserscanningsdata
Find tagflader
Find tagryg
Find afgrænsning af tagflade
Find hjørnepunktskoordinaterne til bygningerne
Lav SQL forespørgsler
Find antal etager
Find antal enheder
Find enhedernes placering
Find hjørnepunktskoordinaterne til enhederne
<b>Generer resultatfil</b>
Tildel hjørnepunkterne et punktnummer
Tildel enhederne en adresse
Tildel topologi

**Tabel 6.2 Funktionsliste**

Ved enhedsopdeling skal der bruges oplysninger fra BBR om antal enheder og deres placering i bygningen. Dette gøres ved at lave SQL forespørgsler i de relationelle databaser (tabeller) udarbejdet ud fra BBR.

Figur 6.3 viser, at der skal inddeles struktureret og tildeles topologi. Dette gøres ved at definere, hvilken topologi der skal benyttes jf. kapitel 7 samt tildele adresser og sammenhænge til enhederne.

Funktionslisten kan udvides med påtegning til hver funktion, om hvorvidt det er en mere eller mindre kompleks funktion, samt om det er en funktion af typen opdatering, signalering, aflæsning og beregning. Da disse oplysninger ikke opfattes som værende væsentlige i gruppens tilfælde (da det er gruppen selv der skal udarbejde applikationen), er de udeladt.

## **6.3 GRÆNSEFLADE**

Dette afsnit fokuserer på etablering af applikationens grænseflader. Disse grænseflader forbinder applikationen med aktørerne, men da aktørerne er meget forskellige, er der brug for både en brugergrænseflade og en systemgrænseflade. Opbygningen af grænsefladerne kan ikke defineres 100 % korrekt i dette afsnit. Ligeledes kan der under etableringen vise sig andre behov, der ikke er taget stilling til på dette tidspunkt. Derfor vil denne proces være iterativ. [Mathiassen m.fl., 2001]

### **6.3.1 BRUGER- OG SYSTEMGRÆNSEFLADER**

Til opbygningen af grænsefladerne benyttes tilstandsdiagrammerne fra afsnit 6.1.1 igen, da disse tilstandsdiagrammer på sin vis også definerer, hvilke muligheder aktørerne skal have for at påvirke applikationen.

Brugergrænsefladen vil blive undersøgt, hvorefter der vil ske en kort overvejelse omkring systemgrænsefladen.

F.eks. viser Figur 6.1, at operatøren skal have mulighed for at vælge om laser-scanningsdataene skal visualiseres som punktsky eller TIN-model. Dette stiller

krav om, at denne mulighed skal indgå i grænsefladen. Det forventes, at denne mulighed skal være tilgængelig som en integreret del af applikationen, hvilket vil sige, at der skal være et visualiseringsvindue i applikationen.

Figur 6.2 viser, at der skal være mulighed for at vælge, hvilken adresse der ønskes behandlet og opdelt på enhedsniveau. Ligeledes skal der være en mulighed for visuel kontrol af resultatet, inden dette gemmes i en resultatfil. Dette stiller krav om, at det skal være muligt at indtaste eller vælge en adresse, samt at visualiseringsvinduet igen benyttes.

På Figur 6.3 ses det, at der skal være mulighed for at gemme resultatet i en resultatfil, hvor der ligeledes kan tildeles topologi. Denne mulighed skal være tilgængelig som valgmulighed under gemmefunktionen.

De ovenstående krav til brugergrænsefladen er af gruppen blevet fortolket på følgende måde. Figur 6.4 viser et tænkt skærmbillede af den planlagte brugergrænseflade.

Fil Databehandling Indstillinger Hjælp	
<b>Adresse</b> <b>Kommune</b> <input type="text"/> <b>Vejnummer/navn</b> <input type="text"/> <b>Husnummer</b> <input type="text"/> <b>Udfør</b>	<b>Visualiserings vindue</b>          <b>Enhedsopdelingsoplysninger</b>

Figur 6.4 Den tænkte brugergrænseflade

Som tidligere nævnt er opbygningen af brugergrænsefladen en iterativ proces, og det endelige resultat af brugergrænsefladen vil højst sandsynligt afvige fra Figur 6.4 på en række punkter.

Systemgrænsefladen adskiller sig fra brugergrænsefladen ved, at den ikke kan beskrives med skærbilleder som vist i foregående afsnit. Derudover vil den adskille sig ved, at det her primært vil omhandle informationsøgning og informationslagring. Det skal forstås således, at der indhentes informationer fra andre systemer for at bistå i opgaveløsningen i det aktuelle system.

Gruppen vurderer, at der i gruppens tilfælde ikke hentes oplysninger eller lagres oplysninger i andre systemer. Systemgrænsefladen vil derfor ikke blive beskrevet nærmere.

## **6.4 OPSUMMERING**

Formålet med anvendelsen af OOA&D er at strukturere og give overblik over det videre forløb af applikationsudviklingen. Gruppen har valgt at afgrænse sig til kun at foretage en analyse af anvendelsesområde, hvilket er en del af processen i OOA&D. Denne del af OOA&D indeholder en analyse af brug, funktioner og grænseflade til hjælp for udviklingen af applikationen. Med brug fokuseres der på, hvad applikationen skal udføre af opgaver. Med funktioner tænkes der på, hvordan applikationen skal løse opgaver og med grænseflade bl.a., hvordan den visuelle brugergrænseflade skal fremstilles. Efter denne gennemførelse har gruppen nu et bedre overblik over, hvorledes de opstillede brugsmønstre skal forløbe ved brug af tilstandsdiagrammer. Ligeledes er der skabt overblik over, hvilke funktioner applikationen skal kunne håndtere samt, hvorledes grænsefladen for applikationen skal fremstilles.

# **Kapitel 7**

**Topologi**

## 7 TOPOLOGI

I dette afsnit vil der være overvejelser omkring, både topologi og databaseindeksering. Disse overvejelser vil primært omhandle, hvorledes begreberne skal behandles i forbindelse med etablering af en DBM(Digital By Model). Overvejelserne vil både omhandle, hvordan de forskellige punkter, flader, geometriske enheder og bygninger skal identificeres, samt hvorledes de skal indekseres i en database. Det skal understreges, at der ikke vil blive indlæst data i en database og at der dermed ikke vil blive visualiseret fra en database. Alligevel mener gruppen, at indeksering og topologi af data til brug i en DBMS er vigtig at forholde sig til for at få konsistens og ensartethed i 3D-Bymodellen.

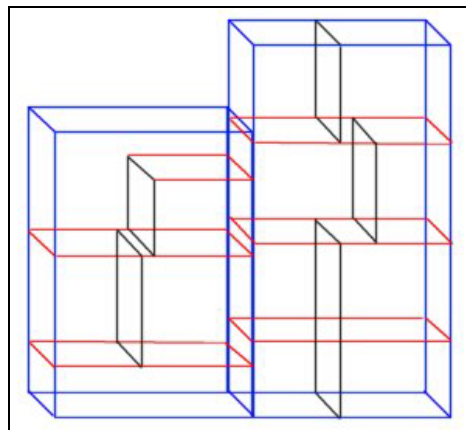
Først vil den topologiske model blive behandlet, derefter vil der komme en beskrivelse af måden, hvorpå databaseindekseringen forestilles opbygget og afslutningsvis en opsummering for emnerne.

### 7.1 TOPOLOGISK MODEL

Den topologiske model er en model over, hvordan de forskellige objekter skal defineres i forhold til hinanden og sammenhængen mellem objekterne. I denne forbindelse tænkes der specielt på, hvorledes objekterne skal opbygges.

Når begrebet topologi skal beskrives i forbindelse med en DBM, er det specielt emner omkring bygningernes opbygning, der skal fokuseres på.

Som tidligere nævnt fokuserer gruppen på, at bygningerne skal være opdelt på enhedsniveau. Dette frembringer en række problemområder. F.eks. i forbindelse med Figur 7.1 der illustrerer en tænkt situation med to bygninger, som ligger side om side. Hvorledes skal opdelingen



Figur 7.1. Illustration af forskellige adskillelser i to nabobygninger

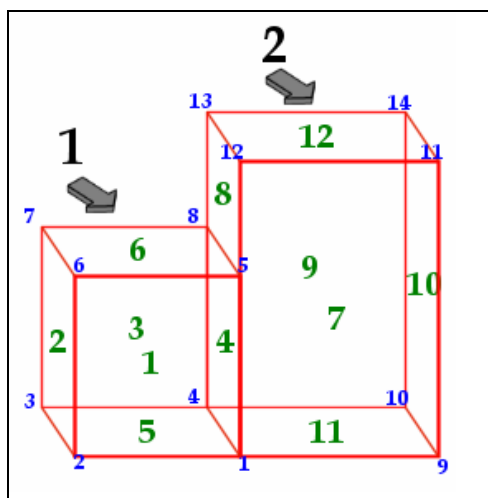
ske, og hvilke flader definerer en adskillelse mellem henholdsvis de to bygninger, etagerne i bygningerne og ikke mindst mellem enhederne på etagerne?

Projektgruppen har valgt, at der ikke skal være gentagelser (redundans) i modellen<sup>8</sup>. Derfor er følgende punkter opsat:

- Samme koordinater må ikke være lagret mere end én gang og de skal have et unikt id.
- Flader skal være defineret ud fra punkternes unikke id og have et unikt id.
- Geometriske enheder skal være defineret ud fra fladernes unikke id og have unikt id.
- Geometriske enheder, der er fælles om tre koordinater eller derover, er også fælles om den aktuelle flade. (se Figur 7.2 flade 4)
- Bygninger skal være opbygget af unikke geometriske enheder og have unikt id.

Dette leder frem til at se nærmere på en situation fra Figur 7.1, der er illustreret i Figur 7.2. Figur 7.2 er opbygget på den måde, at tal med sort er en geometrisk enhed (lejligheder i Figur 7.1), tal med grøn er flade og tal med blå er hjørnepunkt. Et hjørnepunkt er defineret ved et koordinatsæt (x, y, z).

En konsekvens, af de ovenstående punkter er, at grænsefladen mellem de geometriske enheder 1 og 2 deles om flade 4 og deles også dermed om punkterne 1, 4, 8 og 5. Dvs., at fladen i den geometriske enhed 2, der ligger ind mod den geometriske enhed 1, er defi-



Figur 7.2. Illustration af at geometriske enheder kan være fælles om en flade.

<sup>8</sup> Der må ikke være redundans i data til databasen, men der må gerne være redundans i visualiseringen. Det er ikke muligt at lave en VRML-fil uden redundans.



neret ved fladerne 4 og 8.

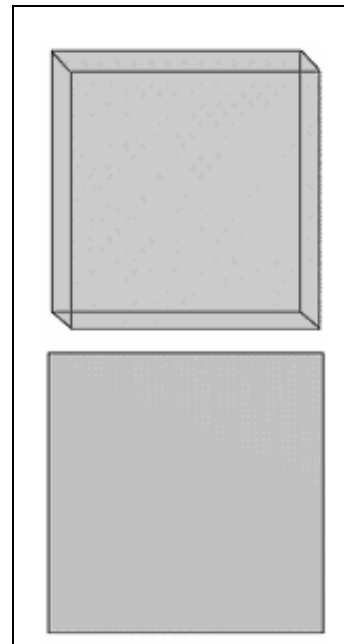
Dette er simpelt nok for de geometriske enheder i Figur 7.2, men ses der tilbage på Figur 7.1 er det straks mere kompliceret. Dette vil blive uddybet i afsnit 7.3.

Som det ses på Figur 7.1, kan der være mange flader, der benyttes mere end en gang. En hvilken som helst geometrisk enhed i Figur 7.1 har fem eller flere flader tilknyttet, og en hvilken som helst flade deles mellem minimum to geometriske enheder eller mellem en geometrisk enhed og en bygning eller mellem to bygninger. Med andre ord kan en flade både tilhøre en eller flere geometriske enheder og/eller en eller flere bygninger.

Dette stiller krav til, hvorledes det unikke id for fladerne skal opbygges, for at det er muligt at holde styr på, hvilke flader der hører til hvilke geometriske enheder. Dette og andre emner vil blive behandlet i efterfølgende afsnit.

Der skal desuden foretages en undersøgelse og valg af, hvordan modellen skal opbygges. Der er mulighed for at benytte enten solid (dansk: kasse) eller face (dansk: flade). Figur 7.3 viser de to muligheder, der har hver deres fordele og ulemper.

Det øverste billede i Figur 7.3 viser en solid, hvilket vil sige, at det er en rummelig flade med en udstrækning i tre dimensioner. Det nederste billede i Figur 7.3 viser en face, hvilket er en ikke-rummelig flade med en udstrækning i to dimensioner.



**Figur 7.3. Illustration af to forskellige fladetyper**

I første omgang ses der på kvaliteterne ved en solid og derefter ulemper. Efterfølgende undersøges kvaliteterne ved en face og derefter ulemper. Dette munder ud i et valg af, om der skal bruges solids eller faces til modellen.

### 7.1.1 SOLIDS

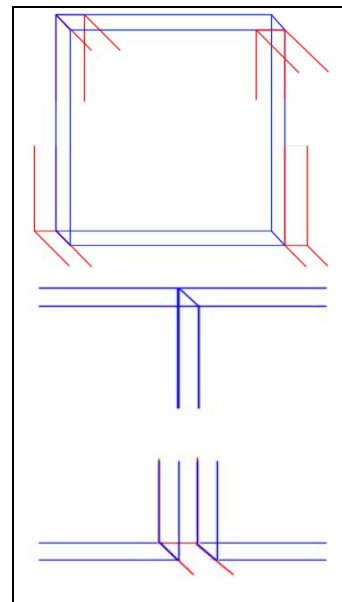
Kvaliteterne ved at bruge solids er, at de minder om virkeligheden. F.eks. har en mur en udstrækning i tre dimensioner.

Relateres brugen af solids til gruppens valg om, at der ikke må være redundans i modellen, giver det mange problemer. Figur 7.4 viser et lille udsnit af de problemer, brugen af solids kan medføre. I den viste situation er der kun medtaget emner omhandlende to eller tre solids, der skal sættes sammen.

Figuren viser tre situationer, hvor brugen af solids kan give problemer. De blå solids forestilles at være en facade og de røde solids forestilles at være skillevæge mellem enheder.

Øverste billede viser, at der umiddelbart er fire måder, de to solids kan snappes sammen på. Undersøges et af hjørnerne i det øverste billede ses det, at der er to "ubenyttede" hjørnepunkter for hver solid. Dette giver umiddelbart et problem i forhold til at holde styr på, hvilke punkter der skal snappes sammen.

Det midterste og det nederste billede omhandler situationen omkring, hvorledes tre solids snappes sammen. Umiddelbart er der to løsninger på dette problem. Enten snappes facaderne sammen, ellers sættes der en skillevæg ind imellem. Snappes de to facader sammen giver det problemer, der kan relateres til det øverste billede i figuren. Sættes der en skillevæg imellem, giver det et problem i forhold til, at facaden nu ikke er sammenhængende.

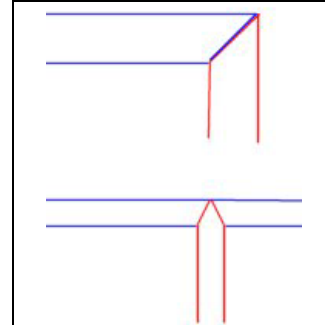


**Figur 7.4. Illustration af problemer med solids**

Kort sagt skal der findes en fornuftig løsning således, at solids kan snappes sammen samtidigt med, at der ikke er redundans i modellen.

På Figur 7.5 illustreres en mulig løsning på problemet. Løsningen består i, at der ikke benyttes rette vinkler når to solids skal sættes sammen, men at der derimod benyttes ”kiler” af solids. På denne måde er det muligt at undgå redundans og samtidig også snappe punkter sammen.

Løsningen, illustreret i Figur 7.5, anses for at være den bedste i gruppens tilfælde.



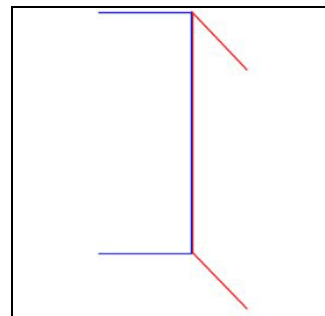
**Figur 7.5. Løsning på snapproblemer med solids**

### 7.1.2 FACES

Kvaliteterne ved at bruge faces i stedet for solids er først og fremmest, at de problemer, der er identificeret ved at bruge solids, ikke er til stede ved brugen af faces. Som det ses på Figur 7.6 kan alle punkter snappes sammen og der er ikke problemer med redundans.

Ulempen ved faces er, at de ikke har nogen udstrækning i tre dimensioner (og derfor ikke vil fremstå virkelighedstro)

Konklusionen er, at det umiddelbart er mindst problematisk at benytte faces og at der ikke umiddelbart er forbundet ulemper hermed. Derfor vurderer gruppen, at det er løsningen med faces, der skal benyttes i det videre forløb.



**Figur 7.6. Illustration af faces**

## 7.2 DATABASEINDEKSERING

Databaseindeksering omhandler, hvorledes data er indekseret i databasen. Da den topologiske model også har indvirkning på, hvordan databaseindekseringen skal ske, refererer afsnittet til foregående afsnit.

Det er allerede i afsnit 7.1 klarlagt, at gruppen ikke ønsker, at punkter og koordinater har redundans og at flader mellem objekter eller bygninger deles af de geometriske enheder. I Tabel 7.1 er det markeret med fed skrift, hvilke punkt id'er og flade id'er der benyttes af flere flader og geometriske enheder. Tallene i Tabel 7.1 henviser til de tal, der er anvendt i Figur 7.2 og er ikke de endelige unikke id.

Disse valg er taget med henblik på vedligeholdelse og opdatering af en DBM, hvor data er lagret i et DBMS. Det vil være mere tilgængeligt og overskueligt, hvis den samme information ikke skal opdateres flere steder. Valgene afspejler sig ligeledes i databaseindekseringen.

Som det ses på Tabel 7.1, vælges det, at punkter lagres i en koordinatliste, hvor de får tildelt et unikt punkt id. Dette punkt id bruges derefter til at lave en flade, der ligeledes får tildelt et unikt flade id, som igen bruges til at opbygge en geometrisk enhed, der også får et

Punkt			
Punkt ID	X	Y	Z
1			
2			
...			

Flade	
Flade ID	Punkt ID
1	1
1	<b>2</b>
1	<b>6</b>
1	5
2	<b>2</b>
2	3
2	7
2	<b>6</b>
...	

Geometrisk enhed	
Geometrisk enhed ID	Flade ID
1	1
1	2
1	3
1	<b>4</b>
1	5
1	6
2	7
2	<b>4</b>
2	8
...	

Bygning	
Bygnings ID	Geometrisk enhed ID
1	1
1	<b>2</b>
1	<b>3</b>
1	4
...	

BBR	
...	

**Tabel 7.1 Databaseindekseringen for koordinater, punkter, flader og geometriske enheder**

unik id. En bygning kan derefter opbygges af geometriske enheder og ligeledes tildeles et unikt id. Disse oplysninger kan herefter indlæses i et DBMS, hvorfra udtræk af ønskede oplysninger eller visualiseringer kan foregå.

Det er som nævnt tidligere ikke gruppens hensigt at indlæse data i et DBMS, ej heller at visualisere fra et DBMS. Gruppen vil frembringe data på en sådan måde, at de kan indlæses og anvendes. Data vil blive præcenteret på en måde, så den kan anvendes i f.eks. en PostGIS database. Begrundelsen for dette er, at der ved gæsteforelæsning på Aalborg Universitet med Jantien Stoter fra TU-Delft fremgik, at det er den database der bedst understøtter 3D.

### **7.2.1 UNIKT ID**

Det unikke id, de forskellige punkter, flader, geometriske enheder og bygninger skal tildeles, skal gerne have en hvis logik således, det ud fra id'et kan identificeres, om der er tale om et punkt, en flade, en geometrisk enhed eller en bygning.

Derudover skal det for den geometriske enhed eller bygning være et id, der kan relateres til forskellige offentlige registre. Dette vælges, da der, i stedet for at have et tilfældig genereret id, ligeså godt kan benyttes et id, der i en senere situation kan anvendes i forbindelse med et GIS.

For bygninger kunne det f.eks. være KommuneNr\_Vejkode\_HusNr og for den geometriske enhed kunne det være KommuneNr\_Vejkode\_HusNr\_EtageSide. Disse to id'er er unikke og kan relateres til BBR, og der kan ligeledes gennem KRR(Kryds Reference Registret) skaffes adgang til andre registre.

Efter at have klarlagt hvorledes databaseindekseringen skal være, skal det nu defineres, hvorledes det unikke id skal være udformet, om der skal være flere klasser af unikke id'er for den samme slags objekt, samt hvilken rækkefølge id'er skal tildeles.

### 7.3 DEFINITION AF UNIKT ID

Det er vigtigt, at det id, der skal tildeles de forskellige punkter, flader, geometriske enheder og bygninger, er unikt og dermed entydigt. Det er ligeledes valgt, at der f.eks. kan være flere klasser indenfor en objekttype. Der kan således, som det ses i Tabel 7.2, forekomme helt op til otte klasser indenfor flade-klassen.

#### Punkt

Polygonpunkt	PunktNr
3D-adressepunkt	KommuneNr_Vejkode_HusNr( _EtageSide)

#### (Linie)

(Linie)	StartPunktNr_SlutPunktNr
---------	--------------------------

#### Flade

Tag	0 (KommuneNr)_Vejkode_HusNr_Nr
<b>Etageadskiller - Horisontal</b>	
Top	1 (KommuneNr)_Vejkode_HusNr_EtageSide_Nr
Etageadskiller	2 (KommuneNr)_Vejkode_HusNr_EtageSide_EtageSide_Nr
Bund	3 (KommuneNr)_Vejkode_HusNr_EtageSide_Nr
<b>Etageadskiller - Vertikal</b>	
Mellem Enheder	4 (KommuneNr)_Vejkode_HusNr_EtageSide_EtageSide_Nr
Facade for	5 (KommuneNr)_Vejkode_HusNr_EtageSide_Nr
Facade bag	6 (KommuneNr)_Vejkode_HusNr_EtageSide_Nr
Gavl	7_(KommuneNr)_VejkodeTh_HusNrTh_EtageSideTh_VejkodeTv_HusNrTv_EtageSideTv_Nr

#### Enhed

Geometrisk enhed (lejlighed)	8_KommuneNr_Vejkode_HusNr_EtageSide_(Nr)
Kælder	9_KommuneNr_Vejkode_HusNrSide_(Nr)
Tag	10_KommuneNr_Vejkode_HusNrSide_(Nr)

#### Bygning

Kombination af geometriske enheder og flader	11_KommuneNr_Vejkode_HusNr
--	----------------------------

Tabel 7.2. Liste over unikke id'er

Det unikke id for punkt og linie er ganske ligetil. PunktNr er valgt til at være et fortløbende nummer. Linie er valgt til at bestå af startpunktnummer og slutpunktnummer.

Ved flade er det en lidt mere kompliceret sag og det er valgt at dele fladerne op i klasser for derved at kunne generalisere over de flader, der har samme egenskaber. F.eks. er det valgt at dele de vertikale etageadskillelser op i fire separate

klasser. Klasserne består af: mellem enheder, facade for, facade bag og gavl. Denne klasseinddeling er foretaget, da der er forskel på, hvordan de forskellige flader skal anvendes. F.eks. anvendes facadefladerne anderledes end gavlfladerne, da facadefladerne kun bruges af en enhed samt en bygning, og gavlfladerne kan bruges af to enheder og to bygninger.

Id'et er valgt bygget op over `KommuneNr_Vejkode_HusNr_EtageSide`. Der er forskellige modifikationer, der skal hjælpe med at holde styr på, at de rigtige flader benyttes i alle situationer.

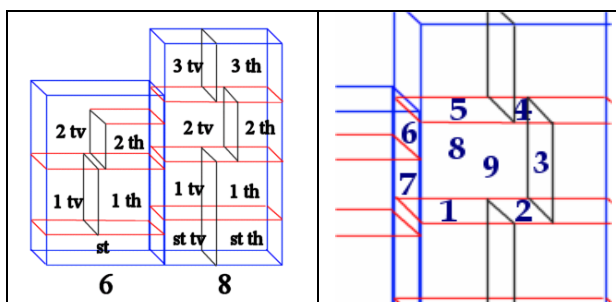
Gavlfladen indeholder derfor oplysninger, der kan relateres til to veje (i tilfælde med hjørnebygninger), to huse og to etager. `KommuneNr_VejkodeTh_HusNrTh_EtageTh_VejkodeTv_HusNrTv_EtageTv` id'et skal gerne sikre, at gavlfladen benyttes af både de to enheder og de to bygninger. Ligeledes indeholder fladen mellem enhederne oplysninger om `KommuneNr_Vejkode_HusNr_EtageSide_EtageSide`, for at holde styr på at fladen deles af to enheder, er der to "side betegnelser" i id'et.

Den dybere tankegang bag id'et er, at det skulle være muligt, at hente de rigtige flader i databasen ved at søge på id'et eller en del af id'et.

I det følgende afsnit vil der blive givet et eksempel på, hvorledes det unikke id planlægges anvendt.

På Figur 7.7 ses to bygninger, henholdsvis nr. 6 og 8. De ligger på Vejkode 3272 i KommuneNr 851, hvilket betyder Holbergsgade 6 og 8 i Aalborg Kommune. Disse oplysninger kan anvendes i tildelingen af unikt id.

Der tages en situation, hvor den geometriske enhed Holbergsgade 8 2.tv skal identificeres. Som det ses på Figur 7.7 er Holbergsgade 8 2.tv opbygget af ni flader og alle ni flader deles mellem to eller flere objekter.



Figur 7.7. Illustration af enhedsopdeling for Holbergsgade 6 og 8. Opdelingen er fiktiv.

Tildeles fladerne et id i forbindelse af de regler der er fremsat i Tabel 7.2 fås Tabel 7.3

Denne navngivning skulle gerne sikre, at hvis der ønskes en visualisering af 851\_3272\_8\_2tv, så søges der i databasen efter flader hvori det unikke id 851\_3272\_8\_2tv indgår. Det er nødvendigt, at der søges i

Geometrisk enhed	Unikt id
8 2tv	851_3272_8_2tv
Flade	Unikt id
1	2 851_3272_8_1tv_2tv
2	2 851_3272_8_1th_2tv
3	4 851_3272_8_2tv_2th
4	2 851_3272_8_2tv_3th
5	2 851_3272_8_2tv_3tv
6	7 851_3272_10_2tv_3272_8_2tv
7	7_851_3272_10_2th_3272_8_2tv
8	5 851_3272_8_2tv
9	6 851_3272_8_2tv

Tabel 7.3. Liste over unikke id til flader i den geometriske enhed 8\_2tv

de forskellige klasser, men det er f.eks. kun nødvendigt at søge efter én flade i klasse 5 og 6 (facade for og bag), da der kun vil være én flade i disse klasser til hver enhed.

## 7.4 3D-ADRESSEPUNKT

Efterfølgende skal de geometriske enheder og bygninger tildeles et samlet id, der binder henholdsvis fladerne og enhederne sammen. Dette id er et 3D-adressepunkt af formen KommuneNr\_Vejkode\_HusNr\_EtageSide eller KommuneNr\_Vejkode\_HusNr. Adressepunktet skal være placeret inden for henholdsvis den geometriske enhed eller inden for bygningen. Adressepunktets funktion er, at have et "fysisk" objekt, der definerer den geometriske enhed og



samtidig giver adgang til de attributdata, der kan tilknyttes enheden. For at kunne danne denne adgang er det nødvendigt, at have et punkt med koordinater i tre dimensioner.

## 7.5 OPSUMMERING

Topologi er et vigtigt begreb i overvejelserne om, hvorledes en model skal opbygges. Dette gælder specielt når en enhedsopdeling også skal realiseres. I dette projekt er det valgt, at der ikke skal forekomme redundans i modellen. Det vil bl.a. sige, at samme koordinat kun må lagres én gang. Ligeledes skal alle koordinater, flader og geometriske enheder have et unikt id.

Gruppen har valgt at anvende faces til fordel for solids til fremstilling af flader, idet faces ses som den mindst problematiske løsning at anvende.

Det unikke id forestilles at være `KommuneNr_Vejkode_HusNr` for bygning og `KommuneNr_Vejkode_HusNr_EtageSide` for den geometriske enhed. Ligeledes skal der en grundig overvejelse til omkring navngivning af flader i den enkelte enhed, idet disse støder op til naboenheder mv. Slutteligt skal hver enkel enhed tildeles et 3D-adressepunkt, hvor der kan kædes attributdata til.

# Kapitel 8

**Anvendt data**

## 8 ANVENDT DATA

Dette kapitel vil indeholde en beskrivelse af de data, gruppen har valgt at anvende til fremstilling af en 3D-bymodel. Det være sig et udsnit af Aalborg kommunes tekniske kort med dertil hørende adressepunkter samt laserscanningsdata og BBR-data. De beskrevne data vil alle være udsnit over det valgte område, jf. kapitel 5.

### 8.1 TEKNISKE KORT

Gruppen har valgt at anvende tekniske kort for Aalborg Kommune fra 2002, hvor der fokuseres på bygningspolygonerne og adressepunkterne. Det tekniske kort består af punkter og liniestykker, hvor liniestykkerne er snappede sammen.

Bygningspolygonerne og de tilhørende adresser er hentet på geodatabibliotekets netværksdrev på Aalborg Universitet under `\\plan\geodata\tekniske\tek-kort_aalborg\dx_f_2002`. Det anvendte tekniske kort ligger i koordinatsystemet System 34j(sys34j)<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> System34 er i dag det mest anvendte koordinatsystem i Danmark ved etablering af kort. Danmark er delt op i 3 zoner med henblik på at få små afstandskorrekationer. De 3 zoner er System34 Jylland(s34j) vest for Storebælt, System34(s34s) øst for Storebælt og System45 Bornholm(s45b). Denne opdeling betyder, at afstandskorrekationen intet sted er større end 5 cm/km. System34 er defineret ved koordinaten (200,200) km i 1. ordens punktet "Agri Bavnehøj" for derved udelukkende at have positive koordinatværdier [Balstrøm m.fl., 1995].



**Figur 8.1.** Det uredigerede tekniske kort til venstre og det redigerede til højre

På Figur 8.1 ses det udsnit af det tekniske kort, der er blevet benyttet i projektet. Den sorte ellipse i højre billede viser placeringen af Holbergsgade.

### **8.1.1 ADRESSEPUNKTER**

Måden hvorpå adressepunkterne i tekniske kort er fremkommet, er også vigtig at have viden om. Der findes to adressedemaer for Aalborg Kommune. Det ene er udarbejdet af KMS, hvor adressekoordinater for alle officielle adresser i Danmark er geokodet. KMS beskriver fremstillingen af adressekoordinaterne som følgende:

*”Beregnete adressekoordinater er skabt af Kort & Matrikelstyrelsen ved en maskinel sammenstilling af adresserne fra Bygnings- og Boligregisteret (BBR) med data fra en række andre datakilder, herunder det digitale matrikelkort.”*

[<http://www.geodata-info.dk/ds.asp?DS=362>]

Dvs. at adressekoordinaterne er indsat vha. en maskinel rutine, hvorved der højst sandsynligt vil forekomme en del unøjagtigheder/fejl i placeringen af punkterne.

Det andet adressepunktstema, som er indeholdt i tekniske kort 2002 for Aalborg Kommune, er udarbejdet af Aalborg Kommune. Her er adressepunkter indsat ved manuel bearbejdning for år tilbage, hvilket ifølge Anders Lintner fra Aalborg Kommune er sket ved en rutine, som midtstiller nummeret i facaden mod vej i en fastsat afstand. Dermed er placeringen af adressepunkterne her mere ensartet og strømlignet, end det er tilfældet med de maskinelt fremstillede koordinater fra KMS. Dette giver sig udtryk i nedenstående figur.



**Figur 8.2** Udsnit af tekniske kort 2000 med KMS's adressepunkter(venstre) samt tekniske kort 2002 med tilhørende adressepunkter fra Aalborg Kommune(højre)

Figur 8.2 viser eksempler på uoverensstemmelserne mellem placeringen af adressepunkterne. I venstre billede er uoverensstemmelser og problemområder i forhold til det højre billede illustreret med blå cirkler med dertil hørende nummereringer.

Cirkel 1 viser, hvorledes adressepunkterne til hjørnebygningen er placeret uden for bygningspolygonen.

I cirkel 2 er der ikke placeret et adressepunkt, idet punktet i stedet er placeret i den bagvedliggende bygning.

I cirkel 3 er de tre adressepunkter alle placeret i samme bygningspolygon, hvor det af Aalborg Kommunes adressepunkter ses, at to af adressepunkterne skal være placeret i de bagvedliggende bygninger.

I cirkel 4 er begge adressepunkter til hjørnebygningen i bygningspolygonen, men er placeret tæt op af hinanden på automatiseret vis.

Cirkel 5 illustrerer, at adressepunkterne ikke er placeret efter en bestemt strategi, da punkterne i cirklen er placeret tættest på bagfacaden i bygningspolygonen, hvorimod punkterne på den anden side af gaden er placeret nærmest frontfacaden. I højre kort ses det, at alle adressepunkter altid er placeret nærmest frontfacaden i den enkelte bygningspolygon. Som ovenstående eksempler viser, er der mange unøjagtigheder i adressepunkterne fra KMS, hvorfor der i det videre projekt anvendes tekniske kort med dertil hørende adressepunkter fra Aalborg Kommune.

## 8.2 LASERSCANNING

Gruppen valgte tidligt i projektforsøget, at laserscanningsdata skulle indgå som en vigtig datakilde. Der er blevet stillet data til rådighed fra 3DGI, både i form af DSM og DTM, og det er i form af data i et en-meter grid, som befinder sig i UTM/ED50<sup>10</sup>. Oprindeligt er metoden at gemme data i grid benyttet i forbindelse med rasterdata, men i denne sammenhæng er der benyttet vektordata i form af punktdata. Disse punktdata er ordnet i rækker og søjler med højdeinformation. I starten af filen, som er i ASCII-format, er der oplysninger om antal rækker

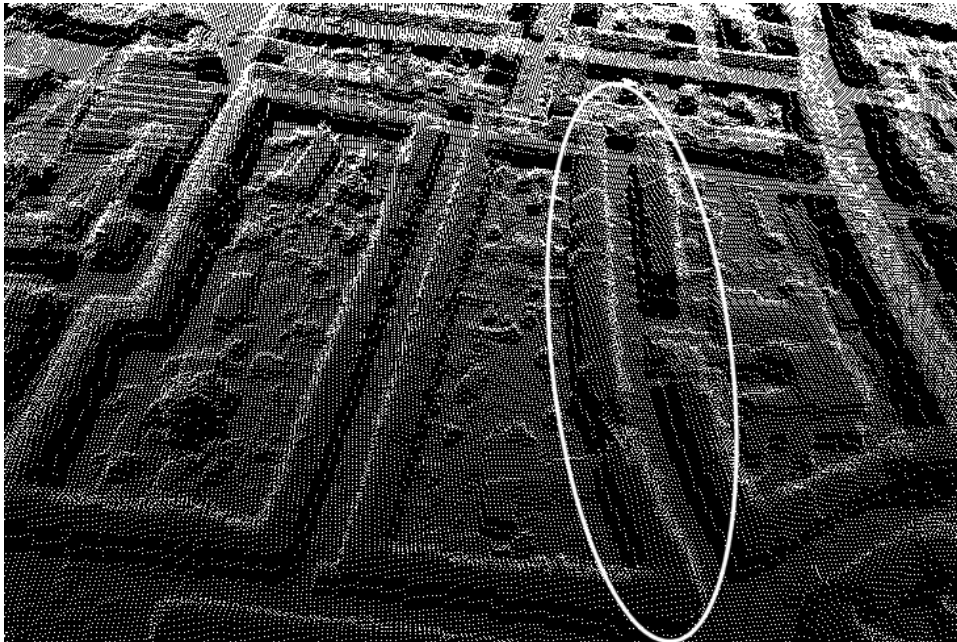
---

<sup>10</sup> UTM(Universal Transversal Mercator) koordinatsystemet er et globalt system, som indbefatter 60 zoner dækkende hele jorden indeholdende 6 længdegrader hver. Danmark ligger i UTM 32 og 33. Jylland, og en stor del af Sjælland er placeret i zone 32, mens resten af Sjælland og Bornholm er placeret i zone 33. Midtermeridianen i UTM32 er på 9° og 15° i UTM33. Ved midtermeridianen er der en afstandskorrektion på 40 cm/km. Datum for koordinatsystemet er ED50, som har x-aksen voksende mod nord(Northing) og y-aksen voksende mod øst(Easting). [Balstrøm m.fl., 1995]

og søjler, koordinater til nederste venstre hjørne, størrelsen på gridet og en værdi til at identificere punkter uden værdi. De valgte data indeholder ingen intensitetsoplysninger.

For laserscanningsdata, der behandles i dette projekt, ser oplysningerne dermed ud som følgende:

```
ncols    500
nrows    500
xllcorner 555350.5
yllcorner 6323300.5
cellsize  1
nodata_value -9999
```



**Figur 8.3 Illustration af laserscanningspunktskyen**

Figur 8.3 viser punktskyen for det valgte område. Holbergsgade er markeret med en hvid ellipse. Laserscanningsdataene er visualiseret vha. VRML.

### 8.3 BBR

Gruppen er igennem 3DGI kommet i besiddelse af et udtræk fra BBR, der består af seks tabeller indeholdende informationer om bl.a. ejendom, bygning og enhed. Udtrækket er baseret på vejkode, og indeholder samtlige oplysninger for de udvalgte vejkode jf. Tabel 8.1.

Det er valgt at arbejde med området omkring Holbergsgade i Aalborg, dvs. kommune nr. 851 og vejkode 3272.

Vejkode	Vejnavn
1170	Dalgasgade
3272	Holbergsgade
371	Badehusvej
3750	Jens Bangs Gade
4447	Korsgade
6627	Reberbansgade
738	Borgergade
8124	Svendsgade
8817	Urbansgade
9000	Vendelbogade
9106	Vesterbro

**Tabel 8.1** Tabel over vejnavne i BBR udtræk

De data der er mest anvendelig, er adressen i form af kommunenummer, vejnummer og husnummer. Til opdeling af bygning i enheder vil der være brug for antal etager i bygningen, samt hvor mange enheder der er, og hvorledes de er placeret. Dette vil blive uddybet i afsnit 9.4.



# Kapitel 9

**Anvendte løsningsmodeller**

## 9 ANVENDTE LØSNINGSMODELLER

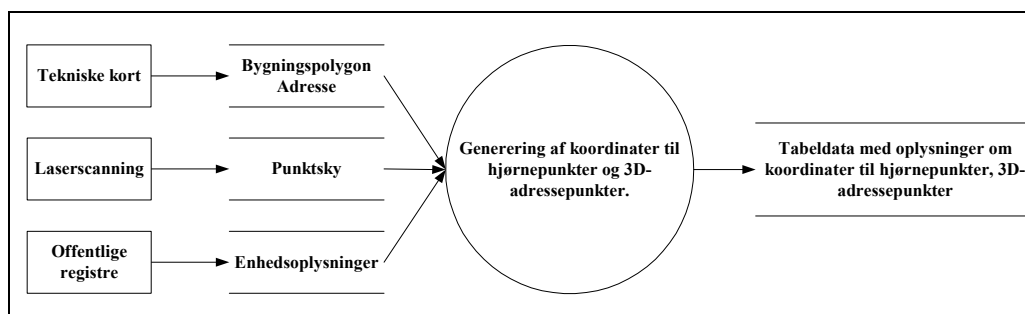
Dette kapitel beskæftiger sig med de løsningsmodeller, der er anvendt i behandling af data.

Der vil i første omgang blive redegjort for den overordnede løsningsmodel, dvs. en redegørelse for, hvilke datakilder der skal anvendes. Dette gøres for at skabe et overblik over hele processen, samt hvorledes de forskellige datakilder planlægges anvendt.

Efterfølgende bliver der beskrevet løsningsmodeller, der er anvendt til behandling af de forskellige datakilder og en beskrivelse af, hvilket resultat disse frembringer.

### 9.1 OVERORDNET LØSNINGSMODEL

Dette afsnit omhandler den overordnede løsningsmodel, hvor der vil blive redegjort for den overordnede proces. Efterfølgende fokuseres der på ”tidslinien” for, hvornår de forskellige datakilder benyttes.



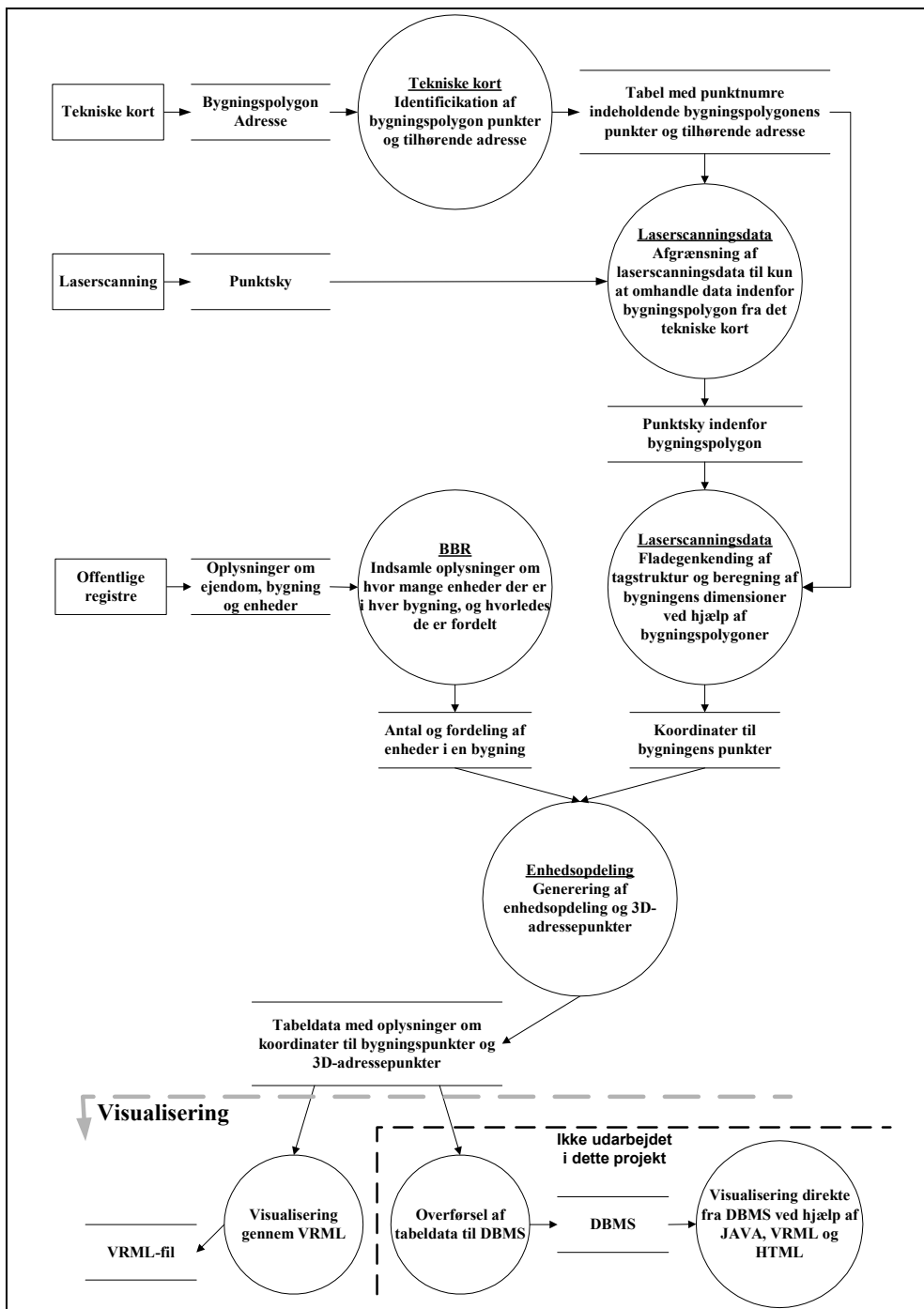
Figur 9.1 Den overordnede proces i den automatiserede 3D-bymodel generering

Som det ses på Figur 9.1, og som der er blevet redegjort for tidligere i projektet, er den overordnede proces opbygget omkring tre datakilder: Tekniske kort, laserscanningsdata og offentlige registre.

Fra det tekniske kort bliver der benyttet informationer om bygningspolygoner og adressepunkter; fra laserscanningsdata benyttes der en punktsky til at indhente informationer om tagkonstruktionen og bygningshøjder, og fra de offent-

lige registre vil der blive benyttet informationer omkring antal enheder i bygningerne. Det vil sige, at tekniske kort samt laserscanningsdata er geometrisk data, hvorimod BBR-data er attributdata.

Disse informationer benyttes i en applikation, der behandler de indsamlede informationer og genererer et resultat bestående af koordinater til bygningspunkter og 3D-adressepunkter.



Figur 9.2 "Tidslinie" for arbejdsprocessen

Figur 9.2 illustrerer en tidslinie for den automatiserede 3D-bymodeleringsproces. Figuren skal tjene til at skabe et overblik og en visuel forståelse for, hvornår der benyttes oplysninger fra de tre datakilder. I følgende afsnit vil de løsningsmodeller til databehandling, som er anvendt i den automatiserede proces, blive beskrevet. Beskrivelserne vil uddybe de cirkler, der ses på Figur 9.2, og beskrive, de processer der ligger i disse. Cirklerne er markerede med reference til, hvilket afsnit de vil blive beskrevet i.

## 9.2 LØSNINGSMODEL FOR TEKNISKE KORT

Gruppen har i kapitel 4 valgt at anvende bygningspolygonerne fra det tekniske kort som supplement til laserscanningsdataene. Udover bygningspolygonerne inddrages adressepunkterne, så det er muligt at identificere bygningspolygonerne. En anden mulighed vil være at anvende TOP10DK, men denne datakilde er fravalgt grundet for høj unøjagtighed og for lav detaljeringsgrad.

I de underliggende afsnit vil der blive redegjort for, hvilken løsningsmodel der er anvendt til at finde koordinater til punkterne i bygningspolygonerne og tilhørende adresser, samt hvorledes de indsamlede oplysninger samles i en tabel, så de kan anvendes i den videre proces i arbejdet frem imod en automatiseret 3D-bymodelgenerering.

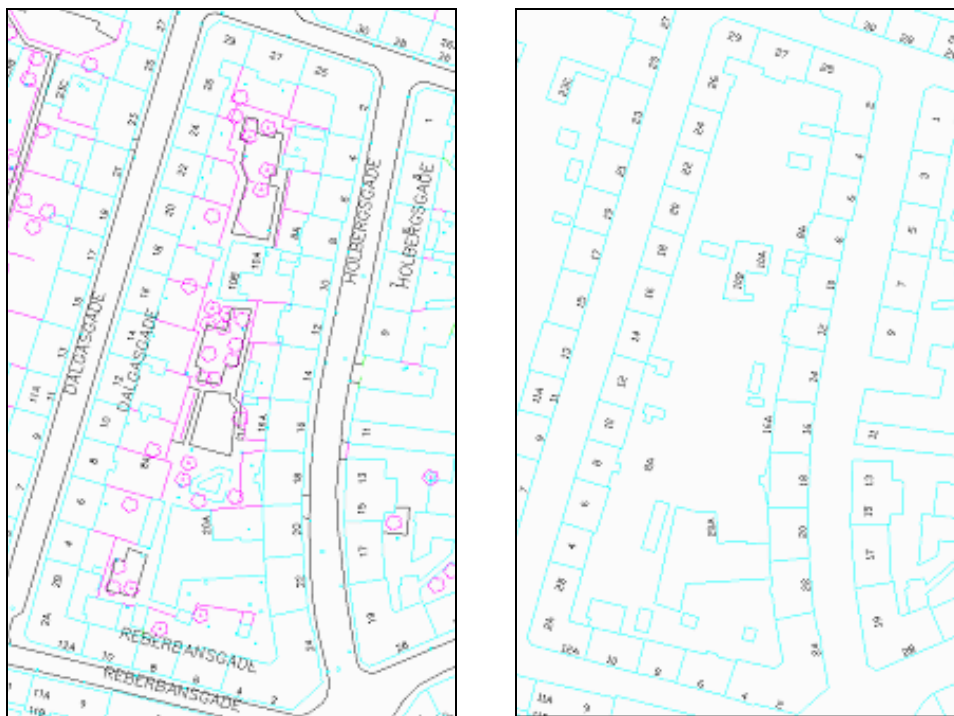
Til slut vil der være et afsnit, der beskriver opståede problemer og løsningen her af.

### 9.2.1 IDENTIFIKATION AF POLYGONPUNKTER

Ved at benytte data, der er tilgængeligt på geodatabibliotekets netværksdrev på Aalborg Universitet under \\plan\geodata\tekniske\tekkort\_aalborg\dxf\_2002, er det muligt at finde Aalborg Kommunes Tekniske Kort anno 2002 i dxf-format.

I AutoCAD er det muligt at åbne dxf-filen for det valgte område, i gruppens tilfælde hedder filen p5593.dxf(intern betegnelse), og editere i den. I dxf-filen ligger alle temaerne i hvert sit lag. For at kunne konvertere dxf-filen til noget

brugbart i ArcView skal de valgte temaer/lag gemmes i hver sin dxf-fil og konverteres til shp-format ved hjælp af programmet FME Suite 2003[www.safe.com]. FME Suite 2003 bruges ikke til andet end konvertering af dxf-filerne til shp-filer. Efter konverteringen kan de valgte temaer indlæses i ArcView. Gruppen har valgt at konvertere temaerne adresse og bygning ved tag.



**Figur 9.3** Udsnit af det tekniske kort. Venstre side er uredigeret. Højre side er redigeret

I ArcView er der af gruppen udarbejdet tre scripts, der udtrækker de ønskede oplysninger. De tre scripts kan ses i bilag CD. Der ønskes to kombinationer af oplysninger. Den ene er koordinater til punkterne i bygningspolygonerne og en adresse tilknyttet hvert polygonpunkt. Hertil benyttes script 1 og 2. Den anden er koordinater og adresser til adressepunkterne. Hertil benyttes script 3. Disse informationer gemmes i to separate tabeller, der anvendes i den videre proces. Disse er navngivet Vejhuskoor.dbf og AdresseKoor.dbf. Disse filer findes på bilag CD.

Shape	Id	Vejkode	Husnr	Adresse	Punkt nr	Koor_x	Koor_y
Point	1793	371	4	BADEHUSVEJ 4	703	-238062.910	291573.000
Point	1794	371	4	BADEHUSVEJ 4	704	-238061.860	291577.250
Point	1795	371	4	BADEHUSVEJ 4	705	-238061.540	291577.120
Point	1796	371	4	BADEHUSVEJ 4	706	-238058.710	291588.800
Point	1797	371	4	BADEHUSVEJ 4	707	-238055.650	291600.720
Point	1798	371	4	BADEHUSVEJ 4	708	-238045.180	291598.100
Point	1199	9999	10000	Ingen adresse	709	-238038.630	291578.010
Point	1200	9999	10000	Ingen adresse	710	-238037.680	291582.100
Point	1201	9999	10000	Ingen adresse	711	-238034.990	291581.470

**Tabel 9.1** Vejhuskoor tabellen fra ArcView

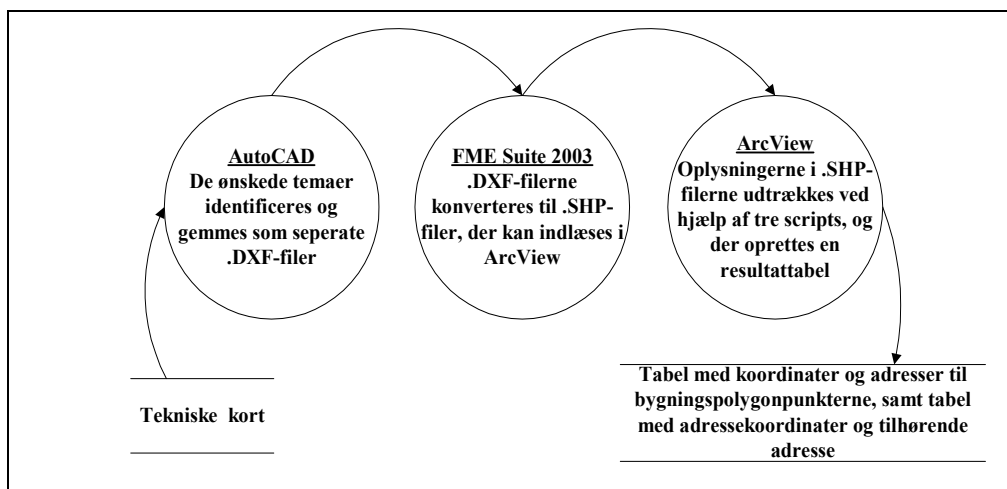
På Tabel 9.1 ses et uddrag af den ene tabel de tre scripts genererer. Tabellen er opbygget ud fra adressen, og giver et resultat med følgende oplysninger:

- Id er et fortløbende tal
- Vejkode er en firecifret talkode
- Husnr er husnummeret inklusiv evt. bogstav
- Adresse er den almindelige adressebetegnelse
- Punkt nr er et delvist fortløbende tal
- Koor\_x er polygonpunktets x koordinat
- Koor\_y er polygonpunktets y koordinat.

Det skal endvidere nævnes, at samme punkt nr kan anvendes til flere adresser i de tilfælde, hvor polygonpunkter er sammenfaldende for to eller flere adresser. Denne løsning er valgt på baggrund af ønsket om, at samme koordinatsæt ikke må være lagret mere end et sted.

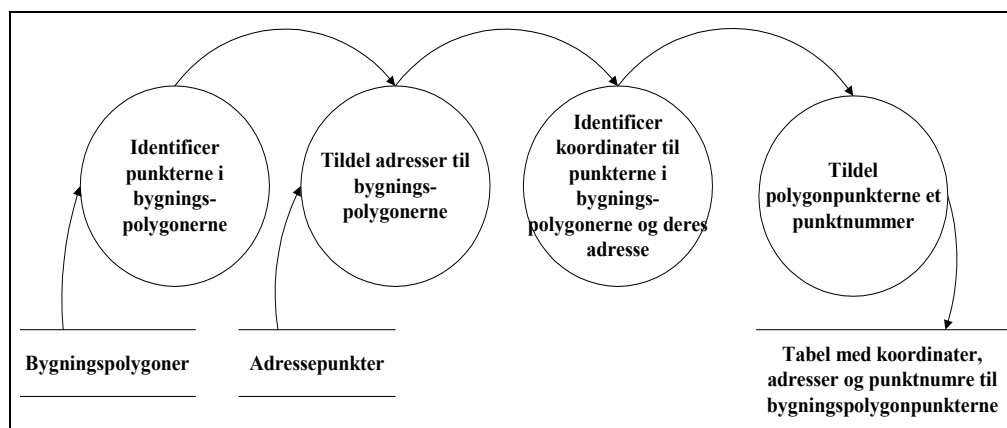
### 9.2.2 FLOWDIAGRAM FOR LØSNINGSMODEL

Der vil i dette afsnit være udarbejdet to flowdiagrammer. Det første vil vise den overordnede proces omkring udvælgelsen og konvertering af relevante temaer. Det andet vil omhandle den proces, data gennemløber i ArcView for at kunne resultere i en tabel, der kan anvendes i det efterfølgende arbejde.



Figur 9.4 Flowdiagram for det tekniske kort

Figur 9.4 viser den overordnede proces for det tekniske kort. Nedenstående figur viser et uddybet diagram over selve behandlingen i ArcView.



Figur 9.5 Flowdiagram for identifikation af polygonpunkter

Figur 9.5 viser den ene af de to processer der udføres i ArcView. Den første proces består i at identificere bygningspolygonpunkternes koordinater, hvilken adresse de tilhører og tildele dem et punktnummer.

I den anden proces findes koordinater og adresse til adressepunkterne. Begge tabeller skal benyttes under behandlingen af laserscanningsdataene.



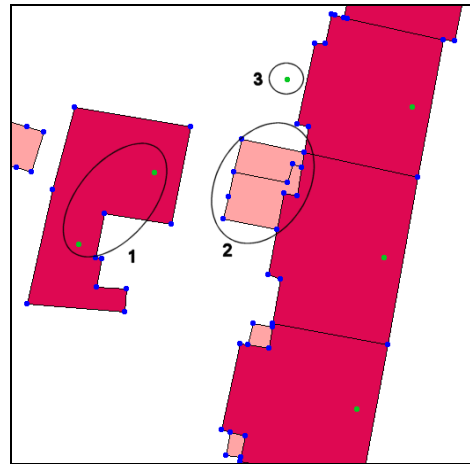
### 9.2.3 PROBLEMER I FORBINDELSE MED BYGNINGSPOLYGONER

Der er i TK identificeret en række problemer, der skal tages stilling til. Problemerne, der er identificeret er:

- bygninger med flere adresser (1)
- bygninger uden adresse (2)
- adresser uden bygninger (3)

På Figur 9.6 kan de tre situationer ses.

Det er valgt, at ”bygninger med flere adresser” har identiske bygningspolygoner og dermed benytter samme polygon-punktnumre.



Figur 9.6 Problemer i TK

For ”bygninger uden adresse” er det valgt at tildele informationer, der er entydige, men samtidig også adskiller sig fra ”bygninger med adresser”. Som det kan ses på Tabel 9.1 er det valgt at tildele informationerne:

- Vejkode: 9999
- Husnr: 10.000 -  $\infty$
- Adresse - ingen adresse

Adresser uden bygning vil ikke blive anført i tabellen. Det kan diskuteres, hvorvidt det er hensigtsmæssigt ikke at have en liste over adresser uden bygningspolygon, men dette er valgt, da det er bygningspolygonerne, der tages udgangspunkt i til genereringen af bygninger. Derfor vil et adressepunkt uden tilhørende polygon ikke være interessant i denne sammenhæng.

#### **9.2.4 OPSUMMERING**

I tekniske kort har gruppen valgt at anvende bygningspolygoner samt adressepunkter. Der er ved brug af en række scripts fundet koordinater til bygningspolygoner, adresser tilknyttet polygonpunkter samt koordinater og adresser til adressepunkter. Der er identificeret en række problemer i tekniske kort, idet det ikke er ensrettet i sin opbygning med placering af adressepunkter. Nogle bygninger indeholder flere adressepunkter, hvor andre bygninger ingen indeholder. Ligeledes findes der adressepunkter, som ikke tilhører nogen bygning, og det er her valgt ikke at registrere disse i tabellen.

### **9.3 LØSNINGSMODEL FOR LASERSCANNING**

Som tidligere nævnt er det valgt at anvende laserscanningsdata til at identificere tagflader og højden på bygningerne. Der vil i dette afsnit blive redegjort for de løsningsmodeller, der er anvendt til at behandle data med for at ende op med koordinater til punkter for bygningens dimensioner.

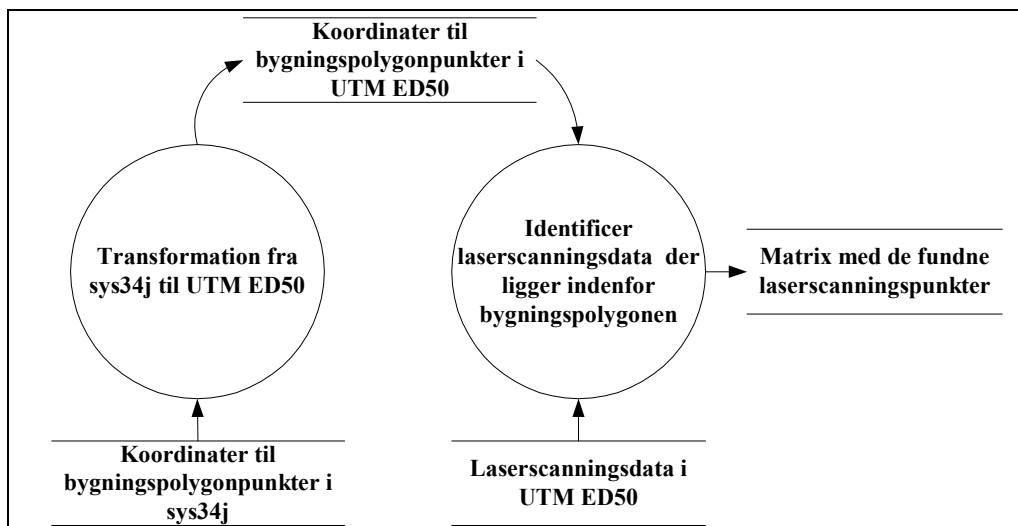
Til behandling af laserscanningsdataene er der benyttet to overordnede løsningsmodeller. En løsningsmodel til at identificere data der ligger indenfor bygningspolygonen, og en løsningsmodel til at identificere tagflader og bygningens dimensioner. Disse to løsningsmodeller vil blive behandlet separat.

#### **9.3.1 IDENTIFICER DATA INDENFOR BYGNINGSPOLYGON**

Da laserscanningsdataene skal benyttes til at identificere de enkelte bygningers tagflader og dimensioner, er det nødvendigt først at afgrænse datamængden til kun at omhandle de enkelte bygninger. I denne proces benyttes bygningspolygonen for den aktuelle bygning. Udvælgelsen af den enkelte bygning består af en SQL-forespørgsel på den pågældende adresse.

For at kunne anvende koordinater fra bygningspolygonens punkter skal disse først transformeres fra sys34j til UTM ED50, da laserscanningsdataene ligger i dette system. Efter bygningspolygonpunkterne er transformeret til UTM ED50, kan der søges i laserscanningsdataene for punkter, der ligger indenfor polygonen. De fundne værdier indsættes i en matrix, og er parat til at blive analyseret med hensyn til identifikation af tagflader.

### 9.3.2 FLOWDIAGRAM FOR LØSNINGSMODELLEN



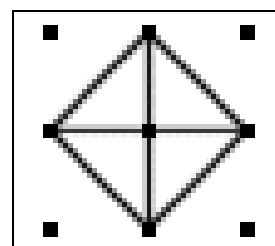
Figur 9.7 Dataflow for afgrænsning af laserscanningsdata vha. bygningspolygon

Figur 9.7 viser forløbet af databehandlingen for afgrænsning af laserscanningsdata til kun at omhandle data indenfor bygningspolygonen.

### 9.3.3 IDENTIFICER TAGFLADER OG BYGNINGENS DIMENSIONER

Efter der er blevet oprettet en matrix med de laserscanningspunkter, der ligger inden for bygningspolygonen, er det nu muligt at analysere de laserscanningsdata, der hører til en bestemt bygning.

Ved fladegenkendning skal der findes laserscanningspunkter, der kan antages at tilhøre den samme tagflade. Dette gøres ved at analysere normalerne til de fire trekanter, der kan dannes omkring hvert laserscanningspunkt. Udgangspunktet, dvs. punktet i midten, tildeles en værdi, der er middeltallet af de fire normaler jf. Figur 9.8. Denne løsning er valgt på baggrund af, at gruppen



Figur 9.8 Analyse af normaler

har vurderet, at den giver et tilstrækkeligt nøjagtigt resultat i forhold til at finde normaler, der kan danne baggrund for identifikation af punkter, der tilhører

samme tagflade. Ligeledes er den valgt på baggrund af inspiration fra Peer Møller Ilsøe fra 3DGI, som også har anvendt denne løsning i sin forskning, dog i en lidt anden udformning. Der er både fordele og ulemper forbundet med at anvende denne løsningsmodel. Disse er beskrevet i afsnit 9.3.5.

Ved at analysere de fundne normaler kan det udledes, hvilke områder der tilhører en flade. Analysen foregår ved at sammenligne normalerne i forhold til deres retning inden for en bestemt margin, der definerer, hvor meget to vektorer må afvige i x- og y-aksens retning for at tilhøre den samme flade.

Der er, ved empiriske forsøg foretaget af gruppen, fundet frem til, at der ved anvendelse af en margin på 40 cm opnås et tilfredsstillende resultat. Et resultat heraf kan ses i Figur 9.9, hvor Holbergsgade 4 iagttages.

		4	6	6	5	8	7		
		4	4	4	8	1	2	2	
		4	4	4	1	1	2	2	
		4	4	4	1	2	2	2	
	4	4	4	4	1	2	2	2	
	4	4	4	1	1	2	2	2	
	4	4	4	1	1	2	2		
	4	4	4	1	1	2	2		
		4	4	1	2	2	2		
						2			

Figur 9.9 Resultat af analyse af normaler for Holbergsgade 4

Værdien en vektor sammenlignes med, for at undersøge, om den er en del af den pågældende flade, består af en middelværdi for samtlige punkter, der allerede er tilknyttet den enkelte flade. Det vil sige, at når et nyt punkt antages at tilhøre den eksisterende flade, beregnes der en ny middelværdi for normalvektoren til fladen. Derved vil større buede flader blot bestå af en enkelt flade og ikke

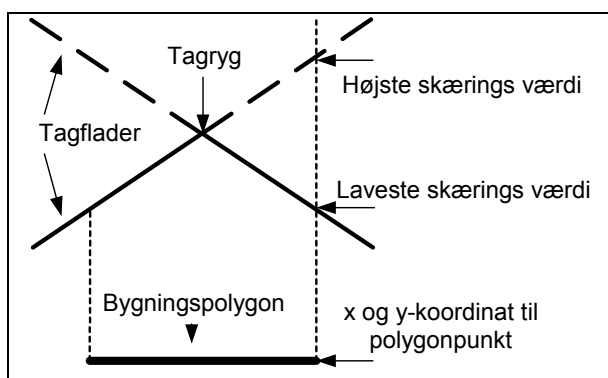
en række mindre flader. Det er muligt at se, at værdierne 2 og 4 danner større sammenhængende flader og bestemmer dermed de to tagflader.

Efter at fladerne er blevet identificeret, foretages der en udjævning mellem de normaler, der hører til samme flade. Dette gøres for at opnå den bedst mulige identifikation af fladerne.

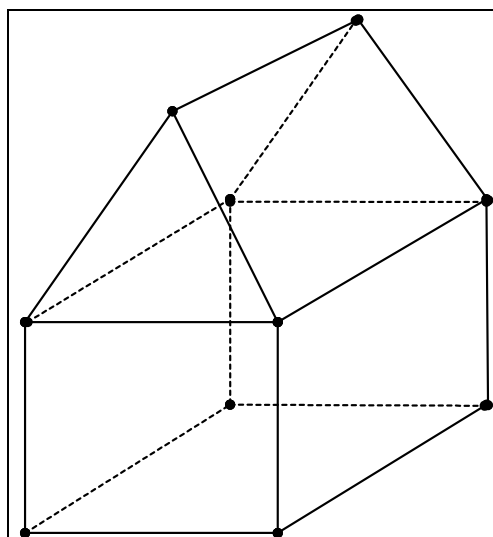
Det er valgt kun at analysere bygninger med hensyn til to tagflader, da det vil være yderst vanskeligt programmeringsmæssigt at anvende mere end to tagflader. Derudover er der i forsøgsområdet overvejende simple bygninger, som i de flestes tilfælde kan beskrives med to tagflader. Modsat vil denne generalisering resultere i en række problemer ved bygninger med mere end to flader. Dette er beskrevet nærmere i afsnit 9.3.5.

Med udgangspunkt i de identificerede tagflader skal bygningens dimensioner og koordinater til hjørnepunkter findes. I denne proces benyttes koordinaterne til punkterne fra bygningspolygonen og de identificerede tagflader.

Først findes koordinater til polygonpunkterne. Disse koordinater indsættes i fladeligningerne for de to tagflader for derved at finde z-koordinaterne. De laveste værdier gemmes som hjørnepunkter, jf. Figur 9.10. Dernæst findes skæringslinien mellem de to tagflader. Denne skæringslinie skal skæres med en gavlflade konstrueret ud fra bygningens polygonpunkternes  $x$  og  $y$ -



Figur 9.10 Illustration af identifikation af z-værdi til polygonpunkt



Figur 9.11 Resultat af skæringsprocessen

koordinater samt fiktive z-koordinater (det antages at gavfladen er lodret) for at finde tagfladernes gavlpunkter.

Til at finde z-værdierne for bygningens bundkoordinater, har gruppen medtaget to løsninger, som begge er mulige i applikationen.

Den ene løsning tager udgangspunkt i hvert polygonpunkt og derfra søger tre meter i alle retninger, hvoraf det antages, at den mindste z-værdi, fra den i afsnit 8.2 beskrevne DSM, tildeles polygonpunktet.

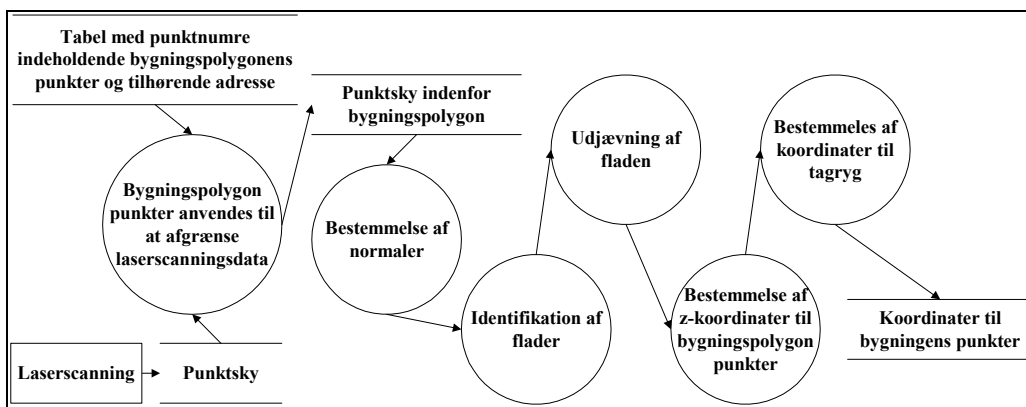
Den anden metode tager ligeledes udgangspunkt i de enkelte polygonpunkter, men her anvendes den fra 3DGI anskaffede DTM. Ved at udvælge de fire nærmeste punkter hertil, beregnes der en middelværdi for z, som bygningspolygons skæring med terrænet tildeles.

Resultatet af hele processen er en tabel med koordinater til bygningens hjørnepunkter med tilhørende adresse.

Denne tabel skal benyttes til enhedsopdelingen.

### 9.3.4 FLOWDIAGRAM FOR LØSNINGSMODELLEN

For at få et overblik over, hvorledes processen for fremstilling af koordinater til den enkelte bygning er, er følgende flowdiagram opstillet.



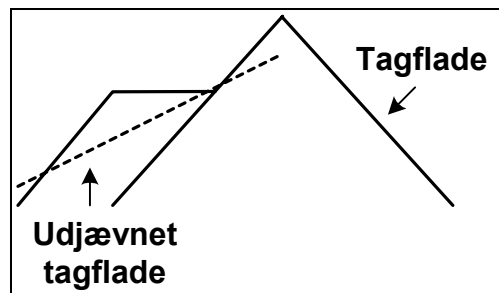
Figur 9.12 Flowdiagram for proceduren for fremstilling af koordinater til bygningens punkter.

### 9.3.5 PROBLEMER I FORBINDELSE MED LØSNINGSMODELLEN

Der er i forbindelse med udarbejdelsen af løsningsmodellen identificeret nogle problemområder.

Det er valgt, at der kun kan laves bygninger med to tagflader. Dette giver selv sagt problemer i forbindelse med tage, der har mere end to flader. Dette resulterer i at bl.a. hjørnebygninger ikke kan genereres. Det er oplagt, at udvikle løsningsmodellen til også at kunne generere hjørnebygninger og andre bygninger med mere end to flader. Dette vil dog ikke blive gjort i dette projekt.

Der er ligeledes fundet et problem i forbindelse med definitionen af, hvilke punkter der er identificeret til at høre til samme flade. I en situation, hvor der er tagflader med samme hældning, men de er forskudte fra hinanden, vil løsningsmodellen give et resultat, hvor de tilhører samme flade og derved indgår i fladeudjævningen for samme flade. Som det ses på Figur 9.13 giver dette et forkert resultat.



Figur 9.13 Problem med forskudte tagflader med samme hældning (set i profil)

### 9.3.6 OPSUMMERING

Ved anvendelse af laserscanningsdata er der anvendt to løsningsmodeller. Den ene løsningsmodel afgrænser, hvor i laserscanningsdata der skal søges efter tagflader ved brug af bygningspolygonerne fra tekniske kort. Den anden løsningsmodel identificerer tagflader og bygningens ydre dimensioner. Det er af gruppen valgt, kun at analysere bygninger i forhold til to tagflader, idet det vil kræve uforholdsmæssigt mere arbejde, hvis der skulle kunne medtages flere end to tagflader. Ligeledes mener gruppen, at størstedelen af bygningerne i det udvalgte område kan beskrives vha. to tagflader. Det endelige resultat ved brugen af laserscanningsdata er en tabel indeholdende koordinater til bygningens hjørnepunkter med tilhørende adresse.

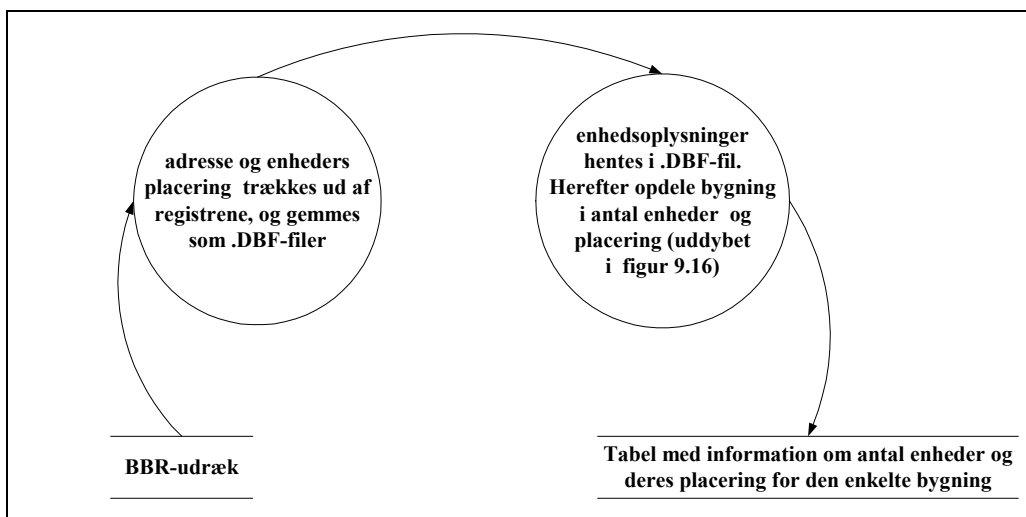


## 9.4 LØSNINGSMODEL FOR BBR

Det er valgt at anvende BBR som datakilde til opdeling af bygninger på enhedsniveau.

Dette afsnit vil behandle, hvilke tanker og løsningsmodeller der ligger til grund for anvendelsen af BBR således, at det er muligt at trække de data ud af registre, som er brugbare til enhedsopdelingen.

### 9.4.1 DATAFLOW FOR LØSNINGSMODELLEN



Figur 9.14 Flowdiagram for BBR

Figur 9.14 viser den overordnede proces for behandling af BBR-data, med henblik på at få de nødvendige data til brug for en enhedsopdeling af bygninger.

Der er som sagt registerdata for ejendom, bygning og enhed. Der ses ikke umiddelbart nogle anvendelige registerdata på ejendomsniveau, idet en enhedsopdeling vil foregå pr. bygning, og dermed vil ejendomsdata ikke skulle inddrages.

### 9.4.2 BYGNING

Inden for registerdata for bygning ses der mulighed for at anvende følgende kolonnedata:

Det er ikke alle af de data i Tabel 9.2, der er lige anvendelige i første omgang. De vigtigste data, som i figuren er skrevet i fed, er i første omgang selve adressen i form af kommunenummer, vejkode og husnummer. Derudover vil bygningsanvendelseskoden samt bygningsnummer anvendes for at rette fokus på de rette bygninger. Desuden er det antal etager i bygningen og slutteligt antal beboelsesenheder der ses som brugbare informationskilder. Med disse data som udgangspunkt kan den enkelte bygning deles op i antal etager samtidigt med, at der er viden om, hvor mange enheder bygningen består af. Disse data er i sig selv ikke nok for at præcisere, hvorledes de enkelte enheder er placeret i bygningen. For at dette kan præciseres, er det nødvendigt at inddrage informationer fra enhedsregisterudtrækket.

For nærmere information om de enkelte felters indhold, kan der henvises til [Daugbjerg, P. og Hansen, K. V. 2000].

Feltnr.	Kolonne beskrivelse
CN100(KKR)	<b>BYGNING_ID</b>
201	<b>KOMMUNE_NR</b>
271	<b>BYG_NR</b>
272	<b>VEJ_KODE</b>
203	<b>HUS_NR</b>
205	<b>BYG_ANVEND_KODE</b>
206	<b>BYG_BEBOLEJL_ANT</b>
216	BYG_ENKELTVAER_ANT
217	BYG_ARL_SAML
218	BYG_BOLIG_ARL_SAML
219	ERHV_ARL_SAML
220	BYG_BEBYG_ARL
221	<b>ETAGER_ANT</b>
222	<b>TAGETAGE_ARL_SAML</b>
223	<b>TAGETAGE_ARL_UDNYT</b>
224	KAELDER_ARL_SAML
225	KAELDER_ARL_U_125M
(240)	ANDET_ARL
	BYG_ENH_ANT

Tabel 9.2 Registerdata fra BBR omkring bygninger, hvor dem med fed ses som de mest anvendelige

Feltnr.	Kolonne beskrivelse
CN100(KKR)	<b>ENHED_ID</b>
272	<b>KOMMUNE_NR</b>
301	<b>BYG_NR</b>
372	<b>VEJ_KODE</b>
303	<b>HUS_NR</b>
304	<b>ETAGE</b>
307	<b>SIDE_DOERNR</b>
311	<b>ENH_ANVEND_KODE</b>
312	<b>ENH_ARL_SAML</b>
313	BEBO_ARL
314	<b>ENH_ERHV_ARL</b>
315	VAERELSE_ANT
	VAER_ERHV_ANT

Tabel 9.3 Registerdata fra BBR omkring enheder, hvor dem med fed ses som de mest anvendelige

### 9.4.3 ENHED

Inden for enhedsoplysninger findes der følgende data, som er brugbar til videre udnyttelse.

Her er det adressen, der skal anvendes, hvor der nu er koblet etage og side/dørnummer på. Dermed er det nu muligt at præcisere, hvor mange enheder der findes på den aktuelle etage, og hvorledes de er placeret. Ydermere ses kolonnen indeholdende information om enhedsareal som en mulig information i den videre sammenhæng. Enhedsarealet vil dog ikke blive behandlet i dette projekt.

### 9.4.4 EKSEMPEL PÅ ANVENDELSE AF BYGNINGS- OG ENHEDSOPLYSNINGER

For at illustrere anvendelsen af Tabel 9.2 og Tabel 9.3 er følgende eksempel opstillet for Holbergsgade 4, hvor kolonnebeskrivelser, illustreret med fed fra bygnings- og enhedsdata, er trukket ud af de enkelte registre:

BYGNING_ID	KOMMUNE_NR	BYG_NR	VEJ_KODE	HUS_NR			
2946236	851	1		3272	4		
2946248	851	3		3272	4		
BYG_ANVEND_KODE	BYG_BEBOLEJL_ANT	ETAGER_ANT	TAGETAGE_ARL_SAML	TAGETAGE_ARL_UDNYT			
140	7	4	70		0		
930	0	0	0		0		
ENHED_ID	KOMMUNE_NR	BYG_NR	VEJKODE	HUS_NRETAGE	SIDE_DOERNR	ENH_ANVEND_KODE	ENH_ARL_SAML
2223659	851	1	3272	4 ST		140	80
2223661	851	1	3272	4 1	TH	140	49
2223662	851	1	3272	4 1	TV	140	49
2223663	851	1	3272	4 2	TH	140	49
2223665	851	1	3272	4 2	TV	140	49
2223668	851	1	3272	4 3	TV	140	49
2223666	851	1	3272	4 3	TH	140	49

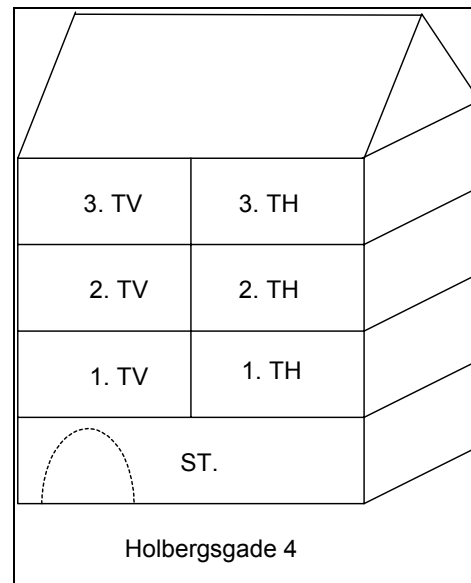
Tabel 9.4 Tabelfdata for Holbergsgade 4 på henholdsvis bygnings(øverst)- og enhedsniveau (nederst)

Af oplysningerne på bygningsniveau i Tabel 9.4 ses det, at Holbergsgade 4 består af to bygninger. Der søges derfor efter anvendelseskode 140, som er etagebygger. Ud fra oplysningerne til bygningen ses det, at den består af fire etager med syv beboelseslejligheder. Tagarealet til denne bygningen benyttes ikke. Ud

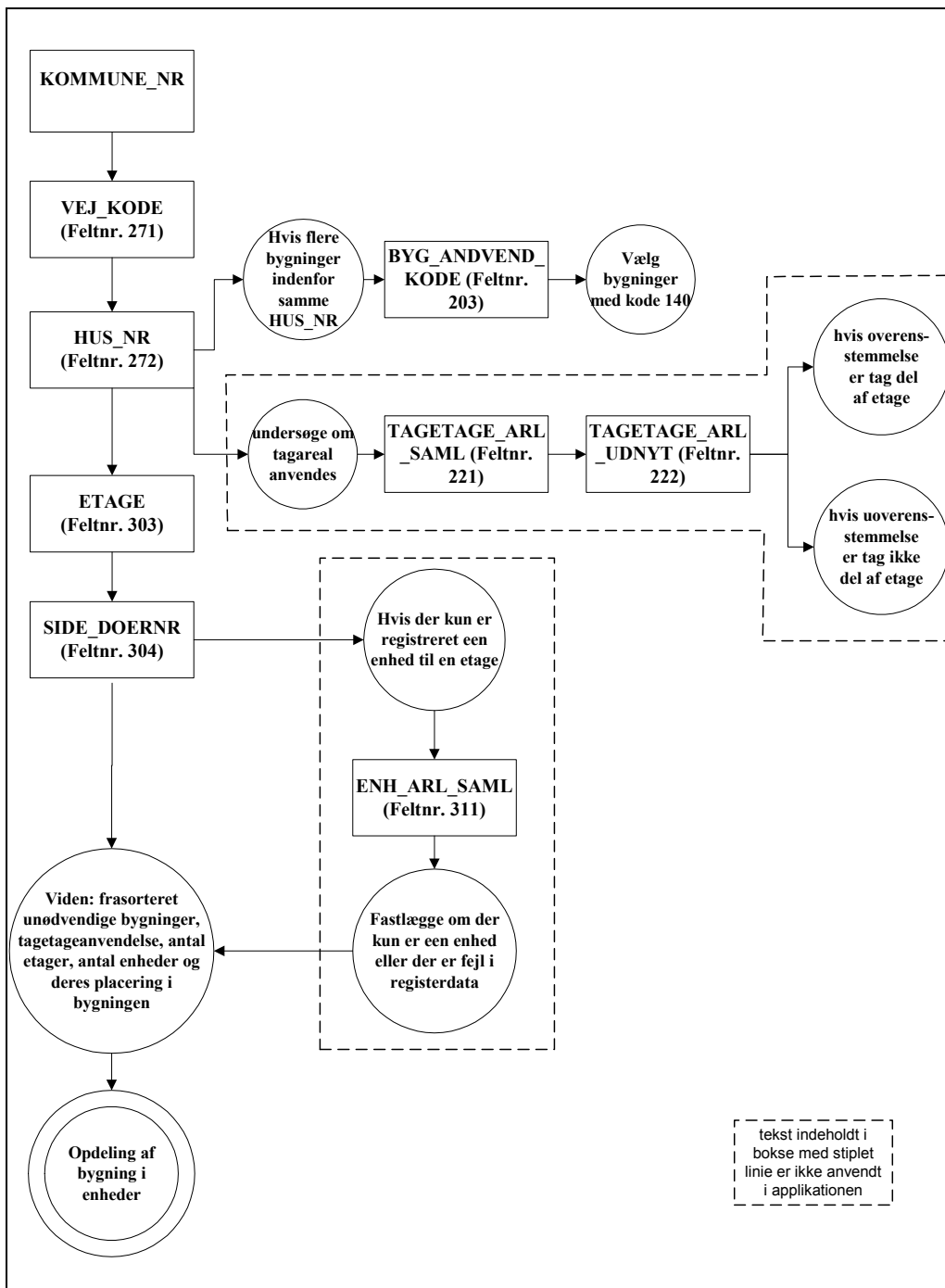
fra nederste tabel ses det, at der kun findes syv lejligheder, idet stueetagen er én samlet enhed. For at dobbelttjekke om der kun findes én lejlighed i stueetagen, eller om der er manglende informationer om en enhed i registret, vil det være muligt at undersøge det samlede areal af enheden. Dette er dog en usikker kontrol som ikke vil blive foretaget. Alligevel er det valgt at uddybe mulighederne/problemerne med dette. Som det ses af tabeldataene ovenfor, er det samlede enhedsareal for stueetagelejligheden på 80 m<sup>2</sup>, hvilket næsten er det dobbelte areal sammenlignet med de andre enkelte

enheder i bygningen. Dette kunne tyde på at stueetagen er én samlet enhed. Dog er det nødvendigt at tage dette forslag med et gran salt, idet det samlede enhedsareal i stueetagen ofte kan indeholde en port mv., som også er en del af arealet. Dermed kan stueetageenheden i princippet godt være af omtrent samme areal som de resterende enheder i bygningen, selv om det ud fra registret kan se ud som om, at stueetageenheden dækker hele bygningsgrundplanen. Måden at kontrollere om der findes en port i bygningen, er ved brug af digitale billeder taget i marken.

Ovenstående eksempler giver en idé om nogle af de områder, der skal tages hensyn til ved en enhedsopdeling. Der vil med stor sandsynlighed opstå andre komplikationer, hvilket der skal tages op til overvejelse i den videre enhedsopdeling. For at få et grundigere indblik i hvilken rækkefølge de enkelte felter i registerdata skal læses, er følgende dataflowdiagram udarbejdet.



**Figur 9.15 Illustration af tabeldata for Holbergsgade 4**



Figur 9.16 Flowdiagram for anvendelse af BBR-data

Figur 9.16 illustrerer, hvorledes gennemgang og registreringer i BBR-data skal forløbe. For at give et samlet billede af, hvad der vil blive registreret, er Tabel 9.5 opstillet.

Beskrivelse	Registrering
Kommunenummer	851
Vejkode	3272
Husnummer	4
Aktuel bygning	851_3272_4
Bygningskode	140
Etage	ST
	1.
	2.
Antal enheder for den enkelte etage	3.
	1
	2
	2
	2

**Tabel 9.5 Registreret BBR-data for Holbersgade 4**

#### **9.4.5 OPSUMMERING**

BBR er anvendt som datakilde til enhedsopdeling af bygninger. I BBR er anvendt data på bygningsniveau samt enhedsniveau. På bygningsniveau er anvendelseskode for bygninger anvendt, og på enhedsniveau er det information om etager og enheders placering i den enkelte bygning. Med viden om dette vil det være muligt at opdele bygningen i det respektive antal enheder, som er til stede.

## 9.5 LØSNINGSMODEL FOR ENHEDSOPDELING

Som det kunne ses i Figur 9.2, der illustrerede tidslinien for arbejdsprocessen, vil løsningsmodellen for enhedsopdeling behandle data, som er opnået gennem andre løsningsmodeller. Disse data er ”antal og fordeling af lejligheder” og ”koordinater til bygningspunkter”, som er fundet gennem løsningsmodellerne for hhv. BBR og laserscanningsdata. Derudover vil der også blive anvendt 2D-adressepunkter, der blev indlæst sideløbende med genereringen af polygonpunkter.

Denne løsningsmodel vil ende ud med tabeldata indeholdende oplysninger for samtlige koordinater til bygningspunkter og 3D-adressepunkter, efter der er foretaget en grov enhedsinddeling.

### 9.5.1 IDENTIFICERING AF HJØRNEKOORDINATER FOR ENHEDER

For at kunne identificere enhederne, er det nødvendigt at vide i hvilken retning etagerne skal indeles. Retningen er ligeledes nødvendig med henblik på navngivningen af de enkelte punkter, flader og enheder, jf. kapitel 7.

I dette projekt er det valgt at benytte skæringen mellem tagfladernes skæringslinie og gavlen, da der for alle huse i det valgte område forholdsvis er simple todelte tage. Dette vil dog næppe være en optimal løsning ved bygninger, hvis applikationen skulle udbygges til, at kunne behandle bygninger med tage der ikke er todelte, se mere herom i afsnit 9.5.3.

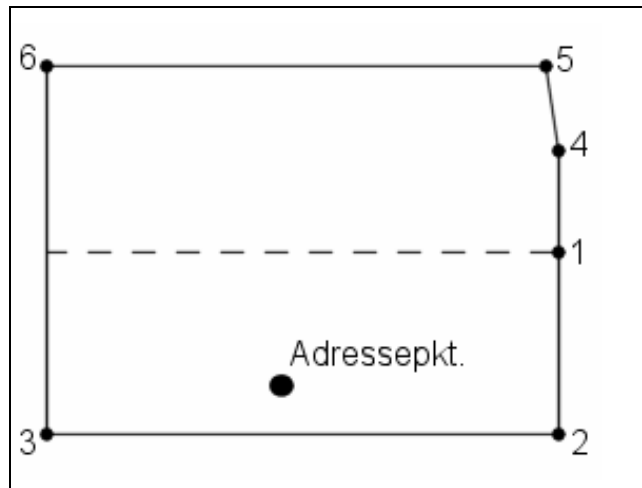
Måden hvorpå de fire hjørnepunkter findes er ved, at der fra punktet på gavlen søges til næste punkt i hver sin retning rundt i polygonen. Dette er muligt da dataene fra det tekniske kort er anført i denne rækkefølge. For hvert punkt undersøges det, om der foretages et retningskift på minimum  $45^\circ$ . Hvis dette er tilfældet, antages det at punktet danner et hjørne.

I Figur 9.17 er der skitseret et eksempel på dette. Der tages udgangspunkt i punkt 1, hvorfra der søges i begge retninger; mod 2 og 4. Ved undersøgelse af punkt 2 kan der beregnes en vinkel for retningen af linien mellem punkterne 2

og 3, der afviger mere end  $45^\circ$  fra den foregående linies retning mellem punkterne 1 og 4. Hvis der fra punkt 1 bevæges i retning mod punkt

4, vil det iagttages at forskellen i retningen mellem linien gennem punkterne 1 og 4 og linien gennem punkterne 4 og 5, er mindre end  $45^\circ$ , hvorfor punkt 4 ikke vil betragtes som et hjørne punkt.

Punkt 5 vil derimod blive betragtet som et hjørnepunkt.



Figur 9.17 Eksempel på identificering af hjørner

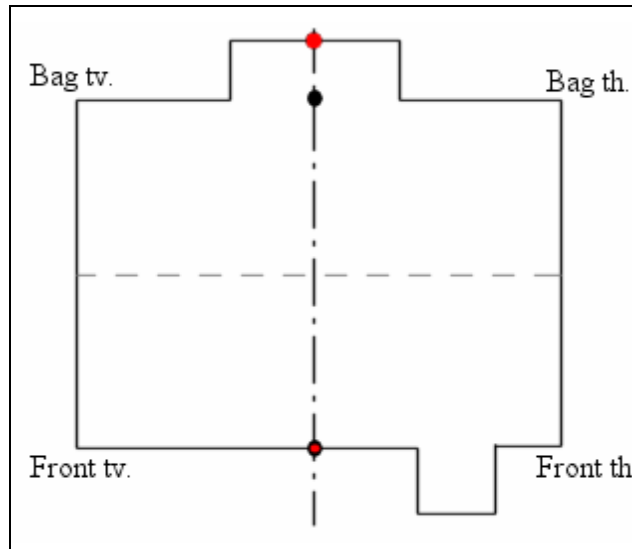
Hvilket hjørne der er tale om; front th., front tv., bagside th. eller bagside tv., bestemmes af adressepunktets placering i forhold til tagryggen, idet det antages at adressepunkter altid er placeret ud mod frontfacaden. Adressepunktet er hentet fra det tekniske kort, som er beskrevet i afsnit 9.2.

Når hjørnepunkterne er identificeret, findes der, vha. BBR, oplysninger omkring antal etager. Det er i løsningsmodellen ikke valgt at benytte oplysninger for kælder og udnyttet tagetage. Hvis der er registrerede enheder i tagetagen, vil disse dog blive vist men som enheder under tagetagen. Dette valg er truffet, da det ønskes at vise alle enheder i bygningerne, men samtidig vil det dog være problematisk, at illustrere enhederne i tagetagen.

Efter at have fundet antallet af etager, skal etagerne opdeles i enheder. Dette løses ved at foretage en SQL-forespørgsel i BBR's enhedsniveau. Hvis der findes én adresse, er der én enhed. Hvis der er to eller flere adresser, antages det at der er to enheder. At der ikke kan oprettes mere en to enheder pr. etage skyldes en simplificering, der er foretaget af gruppen.



Hvis der findes to enheder på én etage, skal etagen deles op. Et eksempel på denne vertikale opdeling kan ses i Figur 9.18. Opdelingen sker ved at tage udgangspunkt i de fire hjørnekoordinater. Midt imellem de to front koordinater dannes der et fiktivt punkt, hvorefter der ligeledes oprettes et fiktivt punkt mellem de to hjørnepunkter på bagsiden, disse er markeret med sorte punkter i Figur 9.18. Gennem de to fiktive punkter dannes der en linie. Ved at iagttage denne linies



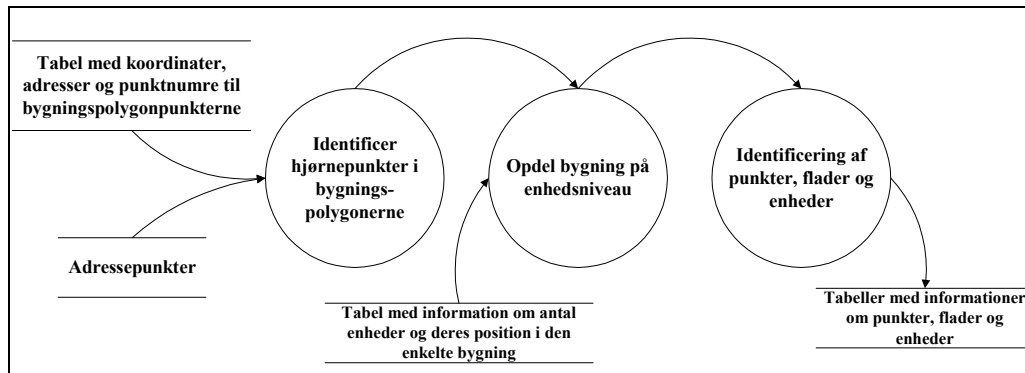
**Figur 9.18** Eksempel på den vertikale opdeling af enhederne

skæring med linierne dannet gennem polygonens punkter, oprettes der mellemrum på de pågældende liniestykker, markeret med røde punkter i Figur 9.18 (nederste sorte og røde punkt er sammenfaldende).

Under den ovenstående proces er punkterne, der oprettes tildelt oplysninger i henhold til Tabel 7.2. Grundet denne nummerering er det muligt at danne flader mellem punkterne. Inden for den enkelte bygning vil punkterne og fladerne dannet af punkterne almindeligvis overholde kravet om redundans. Men mellem bygninger vil dette krav ikke kunne overholdes, da dette vil kræve en omfattende udvidelse af applikationen.

Af fladerne kan der til sidst dannes enheder, der ved brug af unikke id for flader, i henhold til Tabel 7.2, kan sammenkobles.

### 9.5.2 FLOWDIAGRAM FOR LØSNINGSMODELLEN



Figur 9.19 Flowdiagram for enhedsopdeling

Figur 9.19 viser processen for selve enhedsopdelingen. Inddata består af resultaterne fra løsningsmodellerne for laserscanning, BBR og tekniske kort.

Efter bygningerne er opdelt på enhedsniveau og punkter, flader og enheder er blevet identificeret, endes der ud med tre tabeller: En med oplysninger for punkter, en anden med oplysninger for flader og en sidste med oplysninger for enheder i den enkelte bygning.

Disse data er derefter klar til videre brug i f.eks. et 3D-GIS.

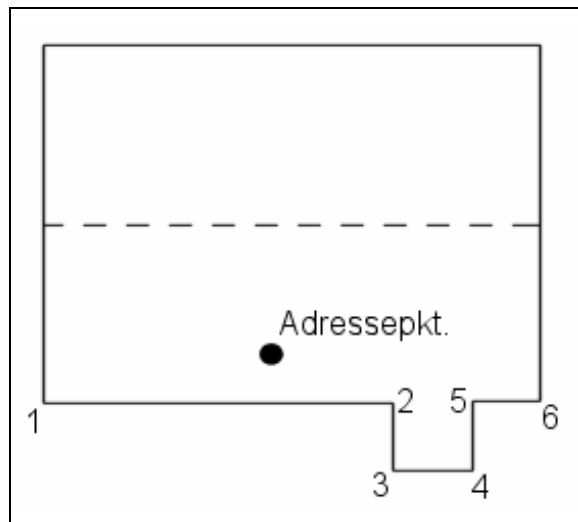
Dette kan enten bestå i at generere en VRML-fil til visualisering af dataene, eller at overføre dataene til et DBMS der vil være en optimal løsning som grundlag for et ægte 3D-GIS. [Thorhauge m.fl., 2003]

### 9.5.3 PROBLEMER I FORBINDELSE MED ENHEDSINDELING

Ved identificering af bygningens hjørnepunkter vil der være problemområder med gruppens anvendte løsningsforslag. Metoden forudsætter, at tagryggen skærer de to sideflader, hvilket vil skabe problemer ved bygninger, hvor taget består af andet end to flader samt ved bygninger, hvor der ikke kan identificeres netop fire hjørner. Ved flade tage vil der ikke kunne findes nogen skæring med gavlene, hvorfor det ikke vil være muligt at bestemme front- og bagfacaden og deraf retningen af enhedernes opdeling. Hvis taget består af tre eller flere flader,

vil der opstå flere tagrygge, hvorfor der ikke vil være nogen entydig identifikation af de to sideflader.

Dette kunne til dels løses ved at anvende adressepunkterne fra det tekniske kort, da disse ligger i frontsiden. Dog vil der ved at benytte frontsiden som udgangspunkt opstå problemer i forbindelse med karnapper, hvorfor det vil være svært at antage, hvilket hjørne der er hjørnepunkt. I Figur 9.20 ses et eksempel, hvor der er indsat en karnap, og her vil det ved anvendelse af adressepunktet, være svært at kunne bestemme, at det er punkt 6, der er hjørnepunktet og ikke punkt 2, 3, 4 eller 5.



Figur 9.20 Problemer ved at finde hjørnepunkterne

Et andet problem er ved tagetagen. Hvis der findes enheder i tagetagen, vil disse blive behandlet som værende almindelige etager, dvs. nedenfor tagetagen. Fra gruppens synspunkt anses det som værende tilfredsstillende, at alle enhederne er illustreret, dog vil der ske en fortegning af den regulære etageopdeling, idet der kommer en etage ekstra.

I modsætning til enheder på tagetagen, vil enheder i kælderetagen ikke blive medtaget i beregningerne. Dette valg er foretaget, da enhederne oftest findes både over og under jordens overflade, og vil da ikke kunne visualiseres i samme omfang som resten af enhederne.

#### 9.5.4 OPSUMMERING

For at kunne opdele de fundne bygningskoordinater i enheder med tilhørende adresser, er det nødvendigt at identificere hjørnepunkterne i bygningen, samt

retningen af bygningen, hvorefter bygningen opdeles på enhedsniveau. Etagedataene fås fra BBR's enhedsniveau, hvor data omkring antal af registrerede enheder samt antallet af enheder pr. etage udtrækkes. I metoden sættes der nogle begrænsninger. Bl.a. er det kun muligt at registrere en eller to enheder pr. etage, samt at enheder i tagetager vil figurere som regulære enheder under tagetagen.

Resultatet af denne proces vil være tre tabeller med oplysninger for hhv. punkter, flader og enheder, som kan bruges til videre anvendelse i f.eks. et 3D-GIS.

# **Kapitel 10**

**Resultater & Vurderinger**

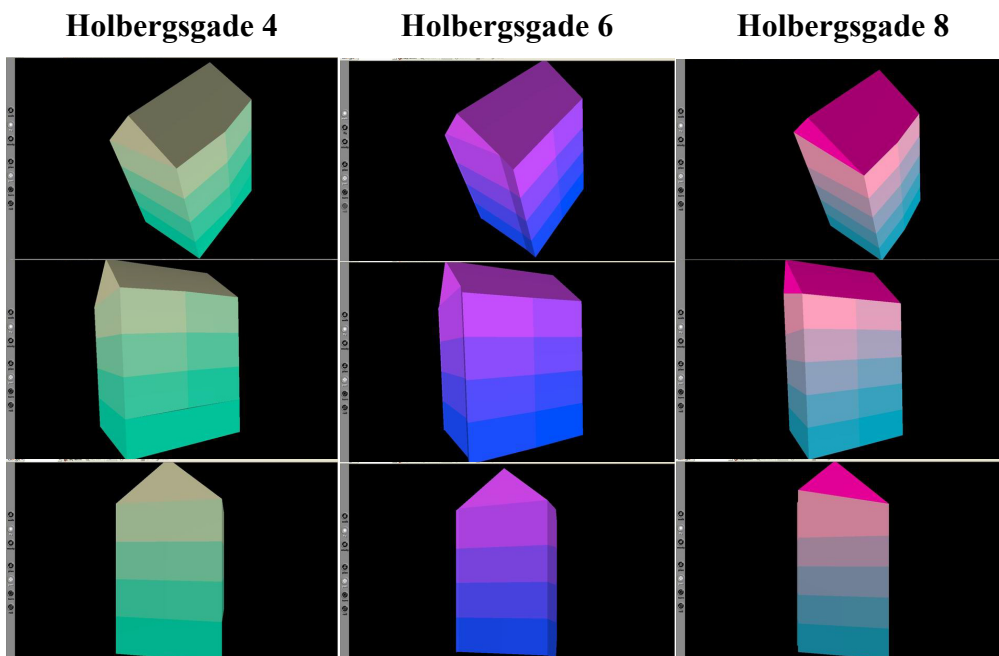
## 10 RESULTAT & VURDERING

Dette afsnit vil indeholde en redegørelse for resultatet af den automatiserede generering af en 3D-bymodel, samt en vurdering af det opnåede resultat. Resultatet af den automatiserede 3D-bymodelgenereringsproces er delt op i to dele og vurderingen vil følge op på både de anvendte datakilder og det opnåede resultat.

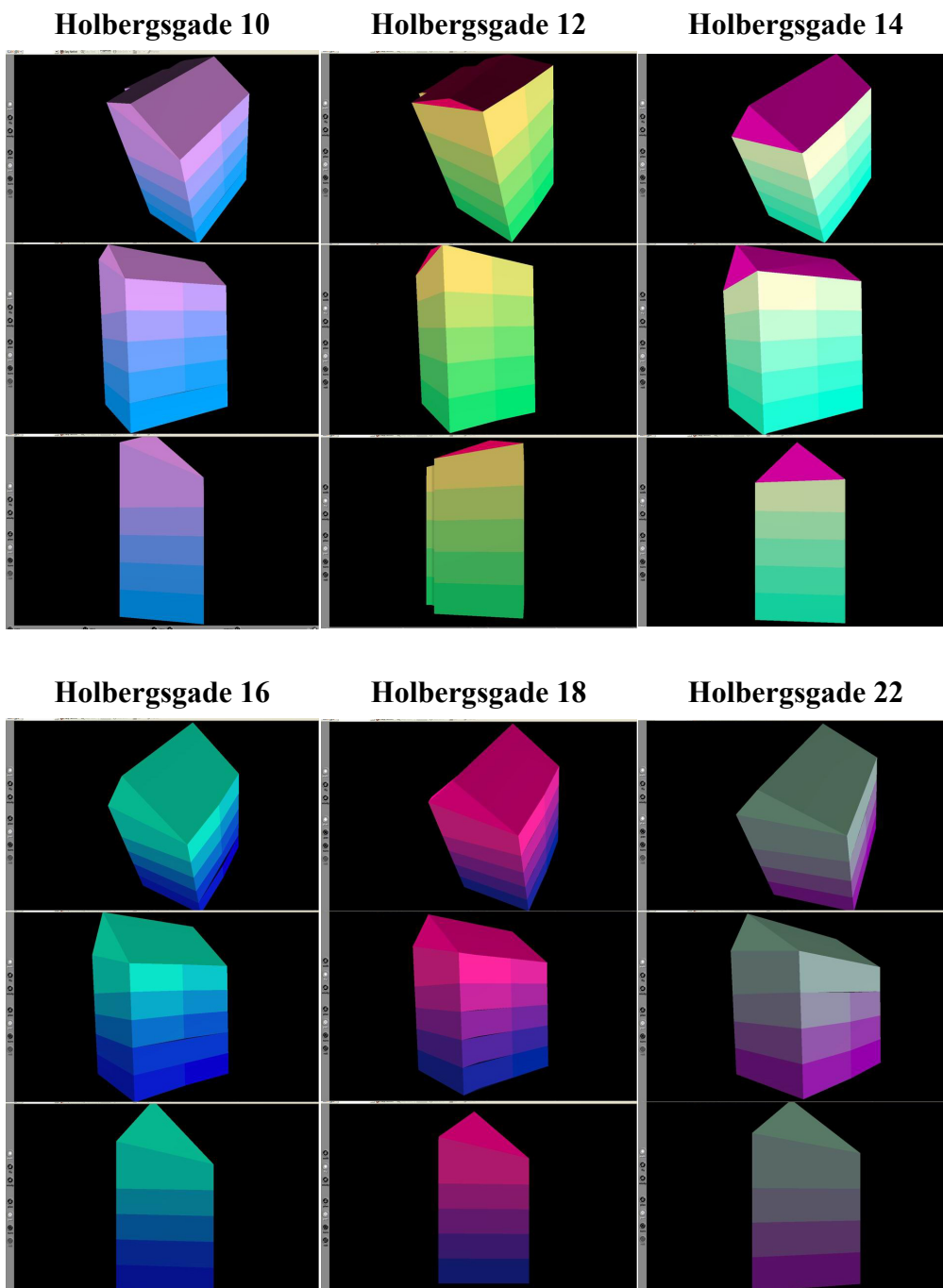
Først vil der, gennem en række billeder, blive redegjort for, hvorledes resultatet er blevet visualiseret. Derefter vil der blive redegjort for resultatet i form af resultatfilen.

Det vil på billederne være muligt, at se tagstrukturen og enhedsopdelingen. Billederne vil være opdelt efter adresse, og der vil være tre billeder fra hver adresse. Øverste billede er bygningen i perspektiv, midterste billede er bygningen set fra facaden og nederste billede er bygningen set fra gavlen.

### 10.1 BYGNINGER OG ENHEDER



Figur 10.1 Resultat for Holbergsgade 4, 6 og 8



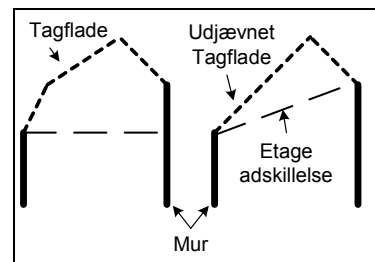
Figur 10.2 Resultat for Holbergsgade 10, 12, 14, 16, 18, og 22

Som det ses på billederne i Figur 10.1 og Figur 10.2 er der opnået et visuelt resultat af den automatiserede 3D-bymodelgenerering. Visualiseringen er udført med VRML.

Resultaterne i Figur 10.1 og Figur 10.2 viser bygningerne enkeltvis. Det er muligt, at kigge nærmere på tagstrukturen og enhedsopdelingen for hver enkelt bygning.

Der er identificeret problemer med tagstrukturen på specielt to bygninger, nemlig Holbergsgade 10 og 12. I disse to tilfælde er der fremkommet et resultat, der ikke stemmer overens med gruppens forventninger. Tagstrukturen på de to bygninger er meget fortegnat. Dette vil blive uddybet i afsnit 10.3.2.

Et andet problem er blevet identificeret for bygningerne Holbergsgade 8, 16, 18 og 22. På disse bygninger fremstår tagstrukturen som værende fejlbehæftet, som kan tolkes som en systematisk forskydning. Dette er dog ikke nødvendigvis en decideret fejl. Der er i Holbergsgade observeret huse med "halve" mansard tage jf. Figur 10.3,



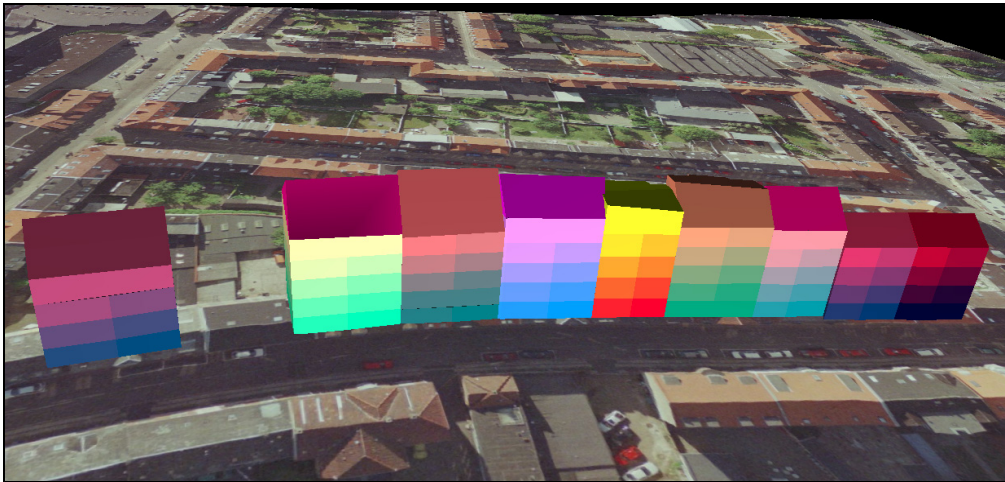
Figur 10.3 "Halvt" Mansard tag

og denne tagstruktur vil give et resultat lignende det gruppen har registreret.

Resultatet af enhedsopdelingen viser antallet af enheder i hver bygning. Opdelingen er tilsyneladende forløbet korrekt, i forhold til de generaliseringer der er blevet valgt undervejs i processen. I afsnit 10.3.3 vil dette blive uddybet i forhold til en visuel kontrol i testområdet.

Det samlede resultat af den automatiserede 3D-bymodelgenereringsproces kan ses på Figur 10.4 og en VRML model vil være tilgængelig på bilag CD. På Figur 10.4 er alle de genererede bygninger indsat i en samlet TIN-model med ortofoto.





Figur 10.4 Resultat af automatiseret generering af lige adresser i Holbergsgade

## 10.2 RESULTATFIL

Efter beskrivelsen af det visuelle resultat vil der komme en beskrivelse af resultatfilen, der består af et html-dokument. Et html-dokument er ikke en optimal løsning for videre bearbejdning af data, men da resultatet blot skal kunne illustreres vha. enkelte tabeller i dette projekt, er denne løsning valgt. I stedet for et html-dokument kunne der have været genereret f.eks. en komma-separeret fil eller en dbf-fil (tabel-fil) i stedet, som ville være ideelle til brug i andre systemer.

Der vil i applikationen blive oprettet et dokument for hver bygning der genereres.

Resultatfilen indeholder fire lister:

- En liste med punkter inden for den enkelte bygning.
- En liste med flader inden for den enkelte bygning.
- En liste med enheder inden for den enkelte bygning.
- En liste med 3D-koordinater til hver enhed inden for den enkelte bygning.

De tre første lister er opbygget i overensstemmelse med gruppens beskrivelser omkring databaseindeksering og definition af unikt id, der er beskrevet i kapitel 7. Et udsnit af disse lister kan ses i Figur 10.5

Punktoplysninger				Fladeoplysninger			Enhedsoplysninger		
Punkt	X	Y	h	Flade	Punkt	Kode	Enhed	Flade	Kode
1	555586.52	6323611.43	2.21	1	1	3_851_3272_4_st_1	1	1	8_st_1
2	555586.52	6323611.43	5.50	1	11	3_851_3272_4_st_2	1	3	8_st_2
3	555586.52	6323611.43	8.79	1	16	3_851_3272_4_st_3	1	10	8_st_3
4	555586.52	6323611.43	12.08	1	26	3_851_3272_4_st_4	1	11	8_st_4
5	555586.52	6323611.43	15.53	2	2	2_851_3272_4_stth_1th_1	1	12	8_st_5
6	555585.49	6323605.73	2.27	2	7	2_851_3272_4_stth_1th_2	1	13	8_st_6
7	555585.49	6323605.73	5.50	2	22	2_851_3272_4_stth_1th_3	2	2	8_1th_1
8	555585.49	6323605.73	8.79	2	27	2_851_3272_4_stth_1th_4	2	4	8_1th_2
9	555585.49	6323605.73	12.08	3	7	2_851_3272_4_sttv_1tv_1	2	14	8_1th_3
10	555585.49	6323605.73	15.54	3	12	2_851_3272_4_sttv_1tv_2	2	15	8_1th_4
11	555584.45	6323600.02	2.35	3	17	2_851_3272_4_sttv_1tv_3	2	36	8_1th_5
12	555584.45	6323600.02	5.61	3	22	2_851_3272_4_sttv_1tv_4	2	19	8_1th_6
13	555584.45	6323600.02	8.86	4	3	2_851_3272_4_1th_2th_1	3	5	8_1tv_1
14	555584.45	6323600.02	12.12	4	8	2_851_3272_4_1th_2th_2	3	16	8_1tv_2
15	555584.45	6323600.02	15.55	4	23	2_851_3272_4_1th_2th_3	3	17	8_1tv_3
16	555584.45	6323600.02	2.42	4	28	2_851_3272_4_1th_2th_4	3	18	8_1tv_4
				5	8	2_851_3272_4_1tv_2tv_1	4	4	8_2th_1
				5	13	2_851_3272_4_1tv_2tv_2	4	6	8_2th_2

Figur 10.5 Udsnit af resultatfil med oplysninger for punkter, flader og enheder

Listen med 3D-koordinater er genereret ud fra oplysningerne omkring de enkelte enheders bunde. Definitionen af koordinaterne er givet ved middelkoordinaten af bundens punkter. Dette vil medføre at punktet ofte ikke ligger i midten af enheden. Højden til punktet er placeret en meter over bundens højde.

3D-adressepunkterne for Holbergsgade 4 kan se i Figur 10.6.

Adresse	X	Y	h
851_3272_4_st	555580.91	6323606.50	3.32
851_3272_4_1th	555581.41	6323609.32	6.56
851_3272_4_1tv	555580.41	6323603.68	6.61
851_3272_4_2th	555581.41	6323609.32	9.83
851_3272_4_2tv	555580.41	6323603.68	9.86
851_3272_4_3th	555581.41	6323609.32	13.10
851_3272_4_3tv	555580.41	6323603.68	13.12

**Figur 10.6** Resultatfil med oplysninger om 3D-adressepunkter

Adressepunkterne er navngivet ud fra adressen og i henhold til afsnit 7.3 omkring definition af unikt id.

3D-adressepunkterne er ikke visualiseret i VRML-modellen.

## **10.3 VURDERING AF RESULTAT**

Dette afsnit vil indeholde en vurdering af de anvendte datakilder og de opnåede resultater, der er fremkommet ved den automatiserede 3D-bymodelgenerering. Dermed vil det være muligt at få en idé om, om den fremstillede 3D-bymodel er tilfredsstillende for gruppen. Vurderingen vil tage udgangspunkt i, at et tilfredsstillende resultat er, at bygningerne er i modellen, og der er en korrekt enhedsopdeling i overensstemmelse med de forbehold, gruppen tidligere har opsat.

Det er valgt at opdele vurderingerne i vurdering af datakilder, fladegenkendning, enhedsopdeling og det samlede resultat.

### **10.3.1 VURDERING AF ANVENDTE DATAKILDER**

De anvendte datakilder er som bekendt laserscanningsdata, tekniske kort og BBR-data. Som beskrevet tidligere, har projektet taget sit udgangspunkt i laserscanningsdata og derefter suppleret med oplysninger fra de andre datakilder.

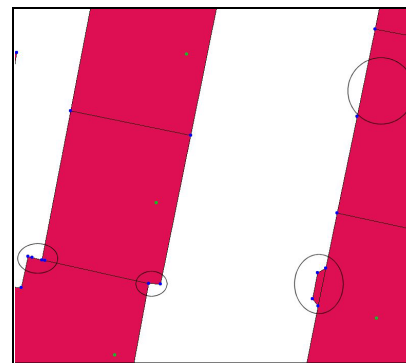
Data har været forholdsvis nemme at gå til, og gruppen har i første omgang ikke tvivlet på datas kvalitet, men efter at have kigget nærmere på data gennem diverse dataanalyser, der er foretaget i projektet, er der identificeret en række problemer.

I forbindelse med laserscanningsdata er der lokaliseret et område i testområdet, hvor data ikke er korrekt. Det drejer sig mere præcist om data indenfor et specifikt område omkring Holbergsgade 20. Problemet er vist på Figur 10.7. Problemet består i, at laserscanningsdataene er ukorrekte, hvilket resulterer i at Holbergsgade 20 ikke kan genereres. Det skal dog tilføjes, at det er den eneste fejl af denne karakter, gruppen har lokaliseret. Gruppen ved ikke hvorfor fejlen er opstået, men formoder at det er sket under behandlingen af rådata fra leverandørens side.



**Figur 10.7** Illustration af fejl i laserscanningsdata

I behandlingen af det tekniske kort har gruppen ligeledes påvist problemområder og inkonsistens i registreringen. Det er i afsnit 3.1.1.2 påvist, at der er et problem med en forskydning i facaden mellem Holbergsgade 6 og 8 på ca. 1 m. Dette problem forplanter sig til genereringen af bymodellen, da det er bygningspolygonerne, der bestemmer bygningernes placering i bymodellen.



**Figur 10.8** Fejl i teknisk kort

Størrelsen på forskydningen har ligeledes givet gruppen en formodning om at nøjagtighedskravet i TK99 ikke kan overholdes, da der defineres en nøjagtighed på 10 cm i planen.

Gruppen vurderer dog alligevel, at anvendelsen af det tekniske kort er en fordel i forhold til alene at analysere laserscanningsdataene.

Ved behandlingen af BBR-oplysningerne er gruppen stødt på problemer ved anvendelsen af antal etager fra bygningsniveau. I beskrivelsen for feltet står der, at antal etager er eksklusiv kælder- og tagetage. Dermed vil det være nødvendigt at kontrollere, om tagetagen samt kælderarealet anvendes til beboelse, for at få registreret det egentlige antal etager med enheder. På denne baggrund har gruppen valgt kun at anvende anvendelseskode fra bygningsregistret og derefter anvendt adresserne fra enhedsniveauet.

Det vurderes, at det er usikkert at anvende BBR oplysninger til enhedsopdeling, men at det inden for gruppens generaliseringer og forbehold kan anvendes.

På baggrund af ovenstående, vurderer gruppen, at de anvendte datakilder er anvendelige. Der er dog påvist problemer med anvendelsen af alle tre datakilder.

### **10.3.2 VURDERING AF FLADEGENKENDING**

Der har i projektet været anvendt en rutine for fladegenkendning i laserscanningsdata. Denne rutine er udarbejdet af gruppen selv, men er i nogen grad inspireret af Peer Møller Ilsøes arbejde på 3DGI. Gruppen har valgt en lidt anden tilgangsvinkel, som er beskrevet i afsnit 9.3.3. Denne vurdering vil koncentrere sig om løsningsmodellens kvaliteter og ulemper.

Den mest iøjnefaldende kvalitet ved løsningsmodellen er, at den er ret simpel. Dette har dog den konsekvens, at løsningsmodellen retter sig mod simple tagtyper. Det er valgt, at der kun anvendes to flader til at beskrive et tag. Som det ses ud fra Figur 10.9 er det en meget forenklet antagelse. Det er kun i tre ud af ti tilfælde i testområdet, at antagelsen holder stik.

Figur 10.9 viser Holbergsgade. Husnumrene er vist i venstre side og med farvegraduering. De hvide tal er de situationer, hvor taget på bygningen består af to flader. De blå og røde tal viser bygninger, hvor taget består af flere end to flader. De røde tal adskiller sig fra de blå ved, at der er forskudte tagflader med samme hældning.

Det er tydeligt, at de tage der er opbygget af mere end to flader, giver problemer med den valgte løsningsmodel jf. Figur 10.2. Det er dog kun i to af tre tilfælde, hvor der er forskudte flader med samme hældning, at løsningsmodellen giver et meget ringe resultat. Dette skyldes, at der i løsningsmodellen foretages udjævning for de punkter, der er identificeret til at have samme hældning. Derved giver det en flade, der er forkert i sammenligning med virkeligheden. En anden konsekvens af forkerte tagflader er, at bygningens dimensioner bliver forkerte. I situationerne med Holbergsgade 12 og 14 er denne forkerte dimension af bygningerne ret udtalt.

Adresserne markeret med blå tal giver et fornuftigt resultat, selvom der er tale om tagtyper med mere end to flader. Begrundelsen herfor skal findes i, at der i langt de fleste tilfælde er tale om tage med kviste. Disse kviste har en lille udstrækning og en anden hældning i forhold til resten af tagfladen og får derfor ingen indflydelse på udjævningen.

På baggrund af ovenstående vurderes det, at løsningsmodellen for fladegenkendning kan anvendes med succes i 78 % af tilfældene i det anvendte testområde. Dog skal dette resultat tages med måde, idet resultatet kun dækker over ni bygninger. En test indeholdende flere bygninger vil give en mere præcis indikation af det opnåede resultat. En udbygning af løsningsmodellen til også at indeholde en kontrol af, om flader med samme hældning er en del af samme flade, ville give et bedre resultat i de sidste 22 % af tilfældene.



Figur 10.9 Tagtyper i Holbergsgade



På denne baggrund vurderer gruppen af løsningsmodellen for fladegenkendning kan accepteres.

### 10.3.3 VURDERING AF ENHEDSOPDELING

Gennem visuel kontrol i testområdet kan følgende tabel opstilles:

Adresse	Registeroplysninger		Visuel kontrol		Enheder i model	
	Etager	Enheder	Etager	Enheder	Etager	Enheder
Holbergsgade 4	4	7	4	7	4	7
Holbergsgade 6	4	8	4	8	4	8
Holbergsgade 8	5	10	5	10	5	10
Holbergsgade 10	5	9	5	9	5	9
Holbergsgade 12	5	10	5	10	5	10
Holbergsgade 14	5	10	5	10	5	10
Holbergsgade 16	5	9	5	9	5	9
Holbergsgade 18	5	10	5	10	5	10
Holbergsgade 22	4	7	4	7	4	7

**Tabel 10.1 Registeroplysninger holdt op mod visuel kontrol**

Denne kontrol viser at antallet af enheder og deres placering i modellen er 100 % korrekt i forhold til registeroplysningerne og den visuelle kontrol.

Det vurderes derfor, at oplysningerne på enhedsniveau omhandlende husnummer, etage og side er tilstrækkeligt gode til at foretage enhedsopdelingen efter. Det vurderes derfor ligeledes, at det ikke har givet problemer at se bort fra oplysninger om antal etager fra bygningsniveauet.

I forbindelse med enhedernes placering og størrelse er disse ikke korrekte i forhold til virkeligheden, men dette er der på et tidligere tidspunkt i projektet taget forbehold for.

Det vurderes at den automatiserede enhedsopdelingen er forløbet med succes, i forhold til de forbehold gruppen har opstillet.



#### **10.3.4 VURDERING AF DET SAMLEDE RESULTAT**

Vurderingen af det samlede resultat vil i grove træk være en opsummering af de ovenstående vurderinger. Det er vurderet, at de anvendte datakilder kunne anvendes, at fladegenkendingen kunne gennemføres med 78 % succes i testområdet, samt at enhedsopdelingen er forløbet med 100 % succes.

Det visuelle resultat af den automatiserede 3D-bymodelgenerering vurderes til at være tilfredsstillende. De bygninger der findes i testområdet er ligeledes i modellen<sup>11</sup>, og de enheder der er i registre er ligeledes i modellen.

Resultatfilen der udarbejdes er opbygget efter de i kapitel 7 beskrevne punkter omkring databaseindeksering og definition af unikt id. Kravet om redundans vil dog ikke være opfyldt mellem bygninger, idet nummereringen af punkter, flader og enheder er unikke for den enkelte bygning.

Det vurderes ligeledes, at den udarbejdede applikationen genererer et resultat og fungerer på automatiseret vis.

Alt i alt vurderes det, at gruppen har udviklet en metode til at kæde laserscanningsdata, tekniske kort og registerdata sammen således, at der kan foretages en automatiseret 3D-bymodelgenerering med opdeling på enhedsniveau.

---

<sup>11</sup> Holbergsgade 20 er ikke i modellen på grund af fejl i laserscanningsdata.

# **Kapitel 11**

## **Konklusion**

## 11 KONKLUSION

I projektets første halvdel er der foretaget en række analyser, som skal gøre det muligt senere at kunne svare på en problemformulering. I analyserne er forskellige datakilder beskrevet, og deres egnethed til brug for automatiseret 3D-bymodelgenerering, er vurderet.

Gruppen har fundet frem til fire potentielle datakilder som evt. kan kombineres til dette formål, og disse er laserscanningsdata, tekniske kort, ortofoto samt offentlige registre.

Der er som udgangspunkt valgt at anvende laserscanningsdata som grundkilde til den automatiseret 3D-bymodelgenerering. Dette er valgt, da laserscanningsdata i sig selv har en forholdsvis høj nøjagtighed, dvs. sædvanligvis under 10 cm i planen og 15 cm i højden. Ud fra laserscanningsdata vil det være muligt at identificere højden på bygninger samt at foretage en fladegenkendning til brug for etablering af tagstrukturer. Dog vil bygningernes udstrækning i planen være mere unøjagtig.

Tekniske kort ses ligeledes som en anvendelig datakilde for at optimere den automatiserede 3D-bymodelgenerering. Her vil bygningspolygonerne i det tekniske kort kunne anvendes til at fastlægge placeringen af bygningerne samt afgrænse, hvor der skal søges efter flader i laserscanningsdata.

Analysen af anvendelse af ortofoto til automatiseret 3D-bymodelgenerering viser, at ortofoto ikke umiddelbart ses som en optimal anvendelig datakilde. Dette skyldes i høj grad, at ortofotos vil være svære at kombinere med andre datakilder. Ligeledes vil skygger i ortofoto bevirke, at en kantgenkendning af tagflader vil være problematisk at gennemføre. For at anvendelsen af ortofoto kan komme på tale, må gruppen i første omgang være i besiddelse af true ortofoto, hvilket ikke er tilfældet.

Slutteligt er de offentlige registre i form af BBR undersøgt for dermed at kunne vurdere, hvorvidt BBR kan anvendes til en grov enhedsopdeling af bygninger i 3D-bymodellen. Gruppen mener, at BBR er anvendelig, idet det indeholder en

række nyttige oplysninger så som adresse, anvendelseskode for bygninger samt enhedernes placering på deres respektive etager.

Resultaterne af analyserne leder frem til en problemformulering, som jf. Kapitel 4 lyder som følgende:

*”Hvordan udvikles der en metode til at kæde laserscanningsdata, tekniske kort og registerdata sammen, således det er muligt at automatisere fremstillingen af en 3D-bymodel opdelt på enhedsniveau?”*

For at svare på dette spørgsmål er der i kapitel 9 opstillet en række løsningsforslag, som klarlægger, hvorledes de forskellige datakilder er anvendt til brug for en automatiseret 3D-bymodelgenereringsproces.

I det tekniske kort er bygningspolygoner samt adressepunkter anvendt i det videre forløb. I ArcView er der udarbejdet tre scripts, således det er muligt at udtrække følgende oplysninger: koordinater til bygningspolygonerne, adresse tilknyttet hvert polygonpunkt samt koordinater og adresser til adressepunkterne. Ved anvendelsen af adressekoordinater i tekniske kort er gruppen stødt på en række problemstillinger. Enkelte bygningspolygoner indeholder flere adressepunkter, hvor andre bygningspolygoner ikke indeholder adressepunkter. Gruppen har derfor, i tilfælde af flere adressepunkter i en bygningspolygon, valgt at tildele samme bygningspolygon til adressepunkterne, så de dermed benytter samme polygonpunktnumre. Ved bygningspolygoner uden adressepunkt er det valgt at tildele polygonen entydige informationer. Ved adressepunkter, som ikke tilhører en bygningspolygon, er det valgt ikke at registrere disse i tabellen.

Laserscanningsdata er anvendt i forbindelse med to metoder. Den ene metode identificerer data, som er placeret indenfor den enkelte bygningspolygon. Den anden metode identificerer tagflader og bygningens dimensioner. Disse metoder har vist sig at fungere i praksis, og dermed er det muligt at finde tagflader ved anvendelse af laserscanningsdata. Gruppen har valgt kun at analysere bygninger med hensyn til to flader. Dette er gjort for at simplificere processen til at finde tagstrukturer, idet det kræver uforholdsmæssigt mere arbejde at finde mere end to tagflader til hver bygning. Ligeledes mener gruppen, at bygningerne i det udvalgte område i overvejende grad kan beskrives ved to tagflader. Tagflader-

nes skæringer med hinanden er fundet, samt fladernes skæringer med afgrænsningen af bygningspolygonen i form af gavlpunkter. Derved er koordinater til bygningen fundet.

BBR er anvendt til brug for enhedsopdeling af bygninger i 3D-bymodellen. Det er valgt at koncentrere sig om data på bygnings- samt enhedsniveau, idet gruppen ikke ser anvendelsesmuligheder for data på ejendomsniveau, idet disse ikke beskriver den enkelte bygning. Det er i første omgang valgt at anvende adressen for den enkelte bygning, dvs. Kommunenummer, vejkode og bygningsnummer. Hernæst benyttes information om anvendelseskode for bygningen for at få udpeget, hvilke bygninger der består af etagebyggeri. Hernæst anvendes information om enhedernes placering på deres respektive etager.

Opdeling af bygninger på enhedsniveau er påvist af gruppen til at være muligt på automatiseret vis. Dog er der en række begrænsninger i enhedsopdelingen, som skal bemærkes. Først og fremmest er metoden til enhedsopdeling beregnet til etagebyggeri, hvori enhedsopdeling er aktuel. Derudover må bygninger, som inddeles på enhedsniveau, ikke bestå af mere end to tagflader, idet metoden, der er anvendt til enhedsopdeling, ikke vil fungere korrekt. Ligeledes vil enhedernes orientering være forkert, hvis der forekommer mere end to tagflader, dvs., at enhederne ikke ligger fra frontfacade til bagfacade, som vil være tilfældet ved anvendelse af to tagflader. Der må derudover maksimalt være to enheder pr. etage, og enhederne vil blive opdelt således, at de har samme størrelse. Dermed vil den anvendte metode ikke på nuværende tidspunkt kunne håndtere, at der f.eks. er placeret en lejlighed midtfor på en etage, således at der findes tre enheder på den pågældende etage.

Det vurderes at kvaliteten af anvendte datakilder i overvejende grad har været tilfredsstillende. Dog har alle datakilder indeholdt fejl og mangler, som har gjort sig gældende i det videre projektforsløb. Derfor vil det ifølge gruppen være fornuftigt at stille sig mere kritisk overfor de datakilder der anvendes.

Resultatet af fladegenkendingen til tagstrukturer vurderes ligeledes til at være tilfredsstillende. Dog opstår der komplikationer, når der findes flere end to tagflader på den enkelte bygning, samt når der findes karnapper mm.. Gruppen

mener at enhedsopdelingen fungerer udmærket, idet den visuelle kontrol i marken viser at antallet af enheder i 3D-bymodellen stemmer overens med antallet i marken. Det samlede resultat af modellen er illustreret i afsnit 10.1.

Ifølge problemformulering var formålet med dette projekt at finde frem til en metode, der kunne kæde laserscanningsdata, tekniske kort samt registerdata sammen på en hensigtsmæssig måde således, at det var muligt at automatisere fremstillingen af en 3D-bymodel opdelt på enhedsniveau.

Gruppen konkluderer at det er muligt ud fra en kombination af ovennævnte datakilder at fremstille bygninger opdelt på enhedsniveau på automatiseret vis.

# **Kapitel 12**

## **Perspektivering**

## 12 PERSPEKTIVERING

Ved afslutning af dette projekt findes der en række områder, som gruppen mener vil være spændende at analysere videre på. Perspektiveringen vil derfor omhandle, hvilke områder der kunne videreudvikles, inden for den metode gruppen har anvendt.

Ved tagfladekonstruktion ser gruppen mulige udviklingsmetoder således, at der kan registreres flere end to tagflader på den enkelte bygning, som på nuværende tidspunkt kun er muligt. Dermed vil tagstrukturer til hjørnebygninger f.eks. kunne fremstå, som de gør i virkeligheden.

Mht. enhedsopdeling er der ligeledes en række områder, som vil kunne videreudvikles. Applikationen kan maksimalt opdele en etage i to enheder. Det vil være fornuftigt at videreudvikle applikationen til at kunne opdele etager i tre enheder, hvis der f.eks. er placeret en lejlighed midtfor.

Ligeledes vil en mere detaljeret enhedsopdeling være en udviklingsmulighed. Enhederne opdeles i lige store dele i den enkelte bygning, hvilket sjældent vil være tilfældet, hvis arealerne for enhederne undersøges i registerdata. Hermed vil der være mulighed for at opdele lejlighederne efter deres egentlige størrelse, som vil give et mere realistisk billede af bygningens udformning. Dette vil dog ikke betyde, at bygningens enheder fremstår som virkelighedstro, idet det ikke vil være muligt at opdele enderne præcist efter deres virkelige udformning.

I den automatiserede fremstilling af en 3D-bymodel på enhedsniveau er kældre i bygninger ikke medtaget. Det er ikke valgt at medtage kældre, idet disse ikke vil være synlige i modellen, grundet at de delvist er placeret under terrænmodellen. Det kunne evt. være fornuftigt at medtage kældre, idet der findes enheder i kældre, som gerne skulle kunne fremgå visuelt i modellen.

Generelt set vil en større indsats for identifikation af det korrekte antal enheder og deres placering kunne øge troværdigheden af den fremstillede 3D-bymodel. F.eks. kunne det også være fornuftigt at opdele tage i enheder idet dette ofte eksisterer i virkeligheden.



Teksturer til bygningsfladerne, i form af digitale billeder, er også et emne som vil være fornuftigt at overveje. Ved at tilføje teksturer vil 3D-bymodellen blive ”tungere” at arbejde med, idet der skal indhentes flere data, hvilket også er en konsekvens, der skal tages op til overvejelser. Dog vil modellen fremstå mere virkelighedstro, end det er tilfældet, hvis teksturer udelades.

En anden anvendelsesmulighed, ved brug af teksturer, kunne være opdeling af enheder. Med dette menes at der i teksturen vil være mulighed for at se, hvor i bygningen de enkelte enheder er placeret. Hvorledes dette skulle anvendes i praksis, er dog et kompliceret emne, som gruppen ikke har overvejet nærmere her.

Som tidligere nævnt i projektet vil anvendelsen af DBMS også være et logisk valg, således at en visualisering vil ske direkte fra databasen. I applikationen fremstillet af gruppen, vil der fremkomme en resultatfil indeholdende en liste over punkter, flader og enheder inden for den enkelte bygning samt en liste med 3D-koordinater til hver enkelt enhed i bygningen. Oplysninger fra denne fil vil kunne indlæses i en database, således at visualiseringen kan foregå direkte fra databasen. Dette ses af gruppen som værende et vigtigt skridt i den rigtige retning, således at opbygningen af 3D-modellen i fremtiden kan ensrettes og struktureres.

# **Figur og Tabelliste**

## 13 FIGUR OG TABELLISTE

Figur 1.1 Resultater fra 3DGI i januar 2003. Til højre den genererede flademodel. ....	2
Figur 2.1 Illustration af Leavitts metode .....	9
Figur 2.2. Arbejdsforløbet i OOA&D [Mathiassen m.fl., 2001, s. 15] .....	10
Figur 2.3. Metodens arbejdsflow. [Mathiassen m.fl., 2001, s. 16] .....	11
Figur 2.4 Frit efter Hanne Brande-Lavridsens rapportopbygningsmodel.....	12
Figur 3.1 Kombination og brugen af forskellige datakilder.....	17
Figur 3.2 Workflow for både automatisk og semi-automatisk fremstilling af 3D- bymodel[Brenner].....	24
Figur 3.3 Eksempel på uoverensstemmelser mellem det tekniske kort og virkeligheden .....	29
Figur 3.4 Illustration af problem med forskydning i facaden .....	30
Figur 3.5 Illustration af edgedetection i ortofoto i henholdsvis Photoshop(nederst venstre) og ArcView(nederst højre).....	33
Figur 3.6 Problemer ved anvendelse af tekniske kort til edgedetection i ortofoto.....	34
Figur 3.7 Eksempel på en problemstilling der ikke kan løses vha. oplysningerne i BBR (set oppe fra).....	39
Figur 5.1 Oversigtsbillede over det valgte områdes placering i Aalborg.....	51
Figur 5.2 Uddrag af TK 2002 for Aalborg Kommune.....	52
Figur 6.1 Tilstandsdiagram for "lav punktsky" .....	57
Figur 6.2 Tilstandsdiagram for "generer 3D-bymodel m. enhedsopdeling.....	57
Figur 6.3 Tilstandsdiagram for "generer resultatfil" .....	58
Figur 6.4 Den tænkte brugergrænseflade.....	61
Figur 7.1. Illustration af forskellige adskillelser i to nabobygninger.....	65
Figur 7.2. Illustration af at geometriske enheder kan være fælles om en flade. ....	66
Figur 7.3. Illustration af to forskellige fladetyper.....	67
Figur 7.4. Illustration af problemer med solids .....	68
Figur 7.5. Løsning på snap-problemer med solids.....	69
Figur 7.6. Illustration af faces.....	69
Figur 7.7. Illustration af enhedsopdeling for Holbergsgade 6 og 8. Opdelingen er fiktiv. ....	74
Figur 8.1. Det uredigerede tekniske kort til venstre og det redigerede til højre.....	80
Figur 8.2 Udsnit af tekniske kort 2000 med KMS's adressepunkter(venstre) samt tekniske kort 2002 med tilhørende adressepunkter fra Aalborg Kommune(højre).....	81
Figur 8.3 Illustration af laserscanningspunktskyen .....	83
Figur 9.1 Den overordnede proces i den automatiserede 3D-bymodel generering.....	87
Figur 9.2 "Tidslinie" for arbejdsprocessen .....	89
Figur 9.3 Udsnit af det tekniske kort. Venstre side er uredigeret. Højre side er redigeret.....	91
Figur 9.4 Flowdiagram for det tekniske kort .....	93
Figur 9.5 Flowdiagram for identifikation af polygonpunkter .....	93
Figur 9.6 Problemer i TK .....	94
Figur 9.7 Dataflow for afgrænsning af laserscanningsdata vha. bygningspolygon .....	97
Figur 9.8 Analyse af normaler .....	97
Figur 9.9 Resultat af analyse af normaler for Holbergsgade 4 .....	98
Figur 9.10 Illustration af identifikation af z-værdi til polygonpunkt.....	99
Figur 9.11 Resultat af skæringsprocessen.....	99
Figur 9.12 Flowdiagram for proceduren for fremstilling af koordinater til bygningspunkter. .	100
Figur 9.13 Problem med forskudte tagflader med samme hældning (set i profil) .....	101
Figur 9.14 Flowdiagram for BBR.....	102
Figur 9.15 Illustration af tabeldata for Holbergsgade 4.....	105
Figur 9.16 Flowdiagram for anvendelse af BBR-data .....	106

Figur 9.17 Eksempel på identificering af hjørner .....	109
Figur 9.18 Eksempel på den vertikale opdeling af enhederne .....	110
Figur 9.19 Flowdiagram for enhedsopdeling.....	111
Figur 9.20 Problemer ved at finde hjørnepunkterne .....	112
Figur 10.1 Resultat for Holbergsgade 4, 6 og 8 .....	117
Figur 10.2 Resultat for Holbergsgade 10, 12, 14, 16, 18, og 22 .....	118
Figur 10.3 ”Halvt” Manzard tag .....	119
Figur 10.4 Resultat af automatiseret generering af lige adresser i Holbergsgade.....	120
Figur 10.5 Udsnit af resultatfil med oplysninger for punkter, flader og enheder .....	121
Figur 10.6 Resultatfil med oplysninger om 3D-adressepunkter .....	122
Figur 10.7 Illustration af fejl i laserscanningsdata.....	124
Figur 10.8 Fejl i teknisk kort .....	124
Figur 10.9 Tagtyper i Holbergsgade.....	126
Tabel 3.1 Nøjagtighedskrav.....	18
Tabel 3.2 Detaljeringskrav .....	18
Tabel 3.3 Opdatering .....	19
Tabel 3.4 Enhedsopdeling .....	19
Tabel 3.5 Beskrivelse af hvilke egenskaber der prioriteres i en 3D-bymodel for den enkelte bruger.....	19
Tabel 6.1 Aktørtabel for applikationen.....	56
Tabel 6.2 Funktionsliste .....	59
Tabel 7.1 Databaseindekseringen for koordinater, punkter, flader og geometriske enheder .....	70
Tabel 7.2. Liste over unikke id'er.....	72
Tabel 7.3. Liste over unikke id til flader i den geometriske enhed 8_2tv.....	74
Tabel 8.1 Tabel over vejnavne i BBR udtræk.....	84
Tabel 9.1 Vejhuskooor tabellen fra ArcView.....	92
Tabel 9.2 Registerdata fra BBR omkring bygninger, hvor dem med fed ses som de mest anvendelige.....	103
Tabel 9.3 Registerdata fra BBR omkring enheder, hvor dem med fed ses som de mest anvendelige.....	103
Tabel 9.4 Tabelfdata for Holbergsgade 4 på henholdsvis bygnings(øverst)- og enhedsniveau (nederst).....	104
Tabel 9.5 Registreret BBR-data for Holbergsgade 4 .....	107
Tabel 10.1 Registeroplysninger holdt op mod visuel kontrol.....	127

# Litteraturliste

## **14 LITTERATURLISTE**

### **Bøger**

#### **[Andkjær & Strunck, 2001]**

Lotte Andkjær og Max Strunck,  
Kortlægning baseret på laserscanningsdata – Generering af 3D-modeller  
Afgangsprojekt  
Aalborg Universitet, 2001

#### **[Balstrøm m.fl., 1995]**

Thomas Balstrøm, Ole Jacobi og Esben Munk Sørensen  
GIS i Danmark  
Teknisk forlag, 1995

#### **[Beck, m.fl., 2001]**

Lars Peder Beck, Lars Sand Kristensen og Gregers Nielsen  
Laserscanningsdata – Analyse og reduktion.  
9. semester projekt  
Aalborg Universitet, 2001

#### **[Daugbjerg, P. og Hansen, K. V. 2000]**

Poul Daugbjerg og Knud Villemoes Hansen  
Ejendomsdata  
Kort og matrikelstyrelsen 2000  
side 167-179

#### **[Mathiassen m.fl., 2001]**

Lars Mathiassen, Andreas Munk-Madsen, Peter Axel Nielsen og Jan Stage  
Objekt Orienteret Analyse & Design  
Forlaget Marko ApS, Aalborg, 2001

**[Thorhauge m.fl., 2003]**

Martin Thorhauge, Rasmus Lindeneg Johansen og Torben Wolf-Jürgensen  
Objektorienteret 3D-GIS  
9. semester projekt  
Aalborg Universitet, 2003

**[TK99, 2003]**

AUC, DSFL, KMS, KTC, FULS, Kommuner, Amter og DE FOTOGRAMMETRISK FIRMAER  
Specifikationer for tekniske kort TK99  
2. Udgave Februar 2000

**Artikler****[Brenner]**

Claus Brenner  
Interactive modelling tools for 3D building reconstruction  
University of Stuttgart

**Virksomhedsbesøg****[COWI, 14.3.2003]**

Besøg ved COWI A/S, Silkeborg den 14/3 2003

**Websider**

**[<http://www.cowi.dk/div04/profiles/kortlaegning/div04%5Fhoejdemodel.asp>]**

<http://www.cowi.dk/div04/profiles/kortlaegning/div04%5Fhoejdemodel.asp>

besøgt d. 10-06-2003

**[[www.detaktiveaalborgkort.dk](http://www.detaktiveaalborgkort.dk)]**

[www.detaktiveaalborgkort.dk](http://www.detaktiveaalborgkort.dk)

besøgt d. 06-05-2003

**[<http://www.geodata-info.dk/ds.asp?DS=103>]**

<http://www.geodata-info.dk/ds.asp?DS=103>

besøgt d. 03-06-2003

**[<http://www.geodata-info.dk/ds.asp?DS=362>]**

[\[http://www.geodata-info.dk/ds.asp?DS=362\]](http://www.geodata-info.dk/ds.asp?DS=362)

besøgt d. 06-06-2003

**[[http://www.kampsax, 2003](http://www.kampsax.dk)]**

<http://www.kampsax.dk>

besøgt d. 28-04-2003

**[[http://www.norkart.no/kartavd/foredrag\\_ortofoto.htm](http://www.norkart.no/kartavd/foredrag_ortofoto.htm)]**

[http://www.norkart.no/kartavd/foredrag\\_ortofoto.htm](http://www.norkart.no/kartavd/foredrag_ortofoto.htm)

besøgt d. 22-05-2003

**[<http://www.ois.dk>]**

<http://www.ois.dk>

besøgt d. 31-03-2003

**[[www.safe.com](http://www.safe.com)]**

[www.safe.com](http://www.safe.com)



besøgt d. 23-05-2003

**[[www.scankort.dk/doku7/tk99-2.pdf](http://www.scankort.dk/doku7/tk99-2.pdf)]**

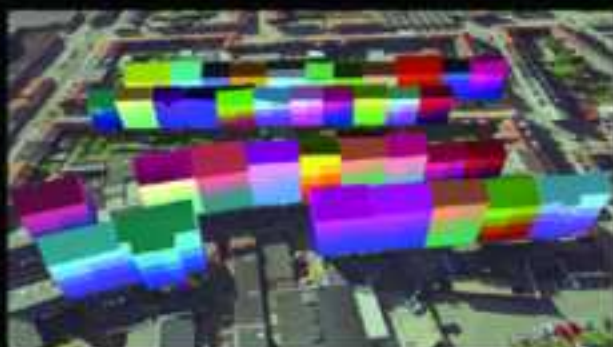
[www.scankort.dk/doku7/tk99-2.pdf](http://www.scankort.dk/doku7/tk99-2.pdf)

besøgt d. 06-05-2003

**[[www.toposys.com](http://www.toposys.com)]**

[www.toposys.com](http://www.toposys.com)

besøgt d. 21-05-2003



**Dette afgangprojekt tager udgangspunkt i automatiseret generering af 3D-bymodeller med opdeling på enhedsniveau.**

**Det ønskes undersøgt hvordan der kan udvikles en metode til at kæde forskellige datakilder sammen, således det er muligt at automatisere fremstillingen af 3D-by modeller opdelt på enhedsniveau.**

**Der udvikles en applikation, hvori der kan bearbejdes oplysninger fra laserscanningsdata, tekniske kort og registerdata med henblik på generering af 3D-bymodeller opdelt på enhedsniveau. Resultatet visualiseres i VRML og vurderes i forhold til modellens fuldstændighed og nøjagtighed.**

**Det konkluderes, at det er muligt at udvikle en metode til at automatisere genereringen af udvalgte bygninger inden for bestemte kriterier.**