

Til
Universitets- og Bygningsstyrelsen

Dokumenttype
Evalueringsrapport

Dato
September 2010

DIGITAL 3D OPMÅLING

PILOTPROJEKT PÅ SYDDANSK UNIVERSITET



DIGITAL 3D OPMÅLING

PILOTPROJEKT PÅ SYDDANSK UNIVERSITET

Revision **04**
Dato **2010-09-12**
Udarbejdet af **Kristian Birch Pedersen**
Civilingeniør, Master i IT, ph.d.
Chefrådgiver
Rambøll Danmark

Kontrolleret af **Mie Thomsen, Universitets- og Bygningsstyrelsen**
Godkendt af **Mie Thomsen, Universitets- og Bygningsstyrelsen**

Ref. 1052515\E00008-4-KSB

INDHOLD

1.	Introduktion	1
1.1	Baggrund	1
1.2	Muligheder og udfordringer med 3D bygningsmodeller ved renovering og ombygning	1
1.3	Formål med dette pilotprojekt	1
1.4	Opsummering af pilotprojektets resultater	2
1.4.1	Anbefaling	2
2.	Organisation og evalueringsproces	3
3.	Afklaring af behov for digitalisering af eksisterende bygninger	3
4.	Digitalisering med forskellige metoder	6
4.1	Metoder for opmåling og visualisering af måledata	6
5.	Erfaringer fra afprøvning	10
5.1	Ressourceforbrug til opmåling og 3D modellering	10
5.2	Forskelligheder mellem bygningsmodeller baseret på opmåling og bygningsmodeller til projektering	12
5.3	Opmålingsnøjagtighed og detaljering	14
5.4	Valg af koordinatsystemer, højdeplan og modulsystem	15
5.5	Informationsdeling via projektweb	15
5.6	DBK kodning	15
5.7	Evaluering	16
6.	Klasser for opmåling og modellering af eksisterende bygninger	17
7.	Konklusioner og anbefalinger	19

BILAG

Bilag 1

Screen dumps af 3D modeller fra projektet

Bilag 2

IKT-teknisk specifikation for opmåling og modellering af eksisterende bygninger

1. INTRODUKTION

Universitets- og Bygningsstyrelsen (UBST) har et langsigtet mål om at udvikle sin forretning med drift, vedligehold og modernisering af statslige ejendomme gennem øget anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT). Derfor gennemføres afklarende udviklingsprojekter, hvor nye teknologier afprøves i praksis. Dette skal lede frem til specifik erfaringsmæssig viden om hvordan disse teknologier kan bringes i anvendelse på fremtidige projekter.

1.1 Baggrund

For at fremme udbredelsen af IKT i byggebranchen iværksatte den danske regering i 2002 udviklingsprojektet Det Digitale Byggeri (DDB). Omdrejningspunktet for DDB var visionen om en arbejds metode, hvor alle data er tilknyttet en objekt-orienteret virtuel 3D bygningsmodel¹ som gradvist opbygges gennem byggeriets livscyklus. Det blev besluttet, at den bedste måde at udbrede kendskabet og mulighederne ved anvendelsen af IKT i byggeprocessen var at vedtage bygherrekrav for alle statslige byggerier over en hvis størrelse. På den måde ville det være muligt at gøre byggebranchen opmærksom på de muligheder, der ligger i IKT-anvendelsen og dermed sikre en hurtigere udbredelse i branchen.

Et af resultaterne af projektet er, bl.a. at der siden 1. januar 2007 har været krav om anvendelse af bygningsmodeller i projektering og udbud på alt statsligt nybyggeri på over 40 mio. kr. Dette krav er ændret i flere omgange så beløbsgrænsen nu er 20 mio. kr. og har siden 1. januar 2008 også omfattet renovering samt om- og tilbygninger. Endvidere er der krav om brug af projektweb på alle opgave over 3 mio. kr. Kravene om anvendelse af IKT er beskrevet i en bekendtgørelse², som UBST som statslig byggeherre er underlagt at bruge.

I øjeblikket pågår et opdateringsarbejde af ovennævnte bekendtgørelse, som bl.a. medfører en skærpelse af kravet omkring anvendelse af bygningsmodeller, således at dette bliver obligatorisk på alle ny-, om- og tilbygningsprojekter over 3 mio. kr.

1.2 Muligheder og udfordringer med 3D bygningsmodeller ved renovering og ombygning

Ved nybygning er det i dag naturligt for mange arkitekt- og ingeniørfirmaer at anvende 3D bygningsmodeller i forbindelse med projektering og udarbejdelse af udbudsmateriale. Ved ombygnings- og renoveringsopgaver tages der ved projekteringen ofte udgangspunkt i eksisterende 2D tegningsmateriale, hvilket ikke er i overensstemmelse med de statslige bygherrekrav om anvendelse af IKT. Desuden går bygherre ved anvendelse af 2D-projektering glip af fordelene ved 3D-projektering i form af f.eks. visualisering af løsningsforslag, interaktive 3D-viewere til brugerinvolvering, automatisk kollisionskontrol til kvalitetssikring og koordinering mellem fagene, modelbaseret mængdeudtræk m.v.

Udfordringen mht. anvendelsen af virtuelle 3D bygningsmodeller i forbindelse med renovering og ombygning er i dag, at få skabt modellerne på en så effektiv måde som muligt, og med det rette kvalitets- og detaljeringsniveau. Dette er også en væsentlig forudsætning for at kunne skabe værdi for bygherre og rådgiver ved 3D-projektering i renoverings- og ombygningsprojekter.

Der findes flere forskellige metoder til digitalisering af eksisterende bygninger såsom 3D modellering på baggrund af eksisterende tegninger og 3D laserscanning. Disse metoder er nærmere beskrevet i afsnit 4.

1.3 Formål med dette pilotprojekt

Nærværende pilotprojekt har UBST igangsat på Syddansk Universitet med henblik på at undersøge mulighederne for digitalisering af den eksisterende bygningsmasse. Formålet med pilotprojektet er at lave et praktisk forsøg, der gør et moderniseringsprojekt klar til anvendelse af 3D byg-

¹ Med objekt-orienteret virtuel 3D bygningsmodel menes en digital model af bygningen, hvor dens indhold er baseret på intelligente objekter, dvs. at alle bygningsdele i modellen indeholder information om hvad de er, deres størrelse, materialeegenskaber mv. Eksempler på objekter i en bygningsmodel kan være vægge, bjælker, døre, vinduer, møbler mv. For læsevenligheden skyld udlades ofte betegnelsen objekt-orienteret, med mindre dette er særligt vigtigt for konteksten.

² Se bekendtgørelsen om krav til anvendelse af IKT i byggeriet her: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=27419>

ningsmodellering i projekteringen og renoveringen. Endvidere ønskes det rette niveau for digitalisering gennem anvendelse af 3D bygningsmodeller for den eksisterende bygningsmasse fastlagt.

Bygningerne som danner grundlag for pilotprojektet er laboratoriebygninger på ca. 5000 m², svarende til etape Ø1 og Ø2 i bygningsafsnit 21Ø og 25 på Syddansk Universitet i Odense. Bygningerne skal moderniseres som led i den kommende laboratoriemodernisering. I denne rapport beskrives evalueringen af pilotprojektet.

1.4 Opsummering af pilotprojektets resultater

Projektet indledtes med en afklaring af UBST's og Syddansk Universitets behov for digitalisering af de eksisterende bygninger. Her blev det bl.a. fundet, at det eksisterende tegningsmateriale er utilstrækkeligt og ikke altid opdateret, så der kan opstå problemer ved at anvende det i den forestående modernisering. Endvidere skaber det problemer og i forbindelse med den daglige drift af bygningerne.

Herefter blev der udført en 3D digitalisering af de eksisterende bygninger med to forskellige metoder henholdsvis baseret på traditionel opmåling med totalstation og ved hjælp af 3D laserscanning. Herigennem blev opsamlet konkret viden om fordelene og ulemperne ved de to metoder. Dette er beskrevet i denne rapport.

Et andet resultat af projektet er, at der på baggrund af de forskellige forsøg er udarbejdet en specifikation, som kan anvendes ved udbud af fremtidige opmålings- og 3D digitaliseringsopgaver. Det blev fundet hensigtsmæssigt at definere tre forskellige klasser (kvalitetsniveauer) for digitalisering af eksisterende bygninger. Ved det laveste niveau (klasse 3) opbygges den virtuelle 3D bygningsmodel på baggrund af eksisterende tegninger, og der udføres stikprøvevis kontrol-opmåling. Ved det mellemste niveau (klasse 2) udføres en 3D laserscanning af hele bygningen, som anvendes i forbindelse med opbygningen af bygningsmodellen. Denne skal indeholde de primære bygningsdele såsom dæk, vægge, bjælker, døre, vinduer m.v., men ikke installationer. Det højeste niveau (klasse 1) omfatter, som supplement til det mellemste niveau, også en modellering af bygningens installationer. I rapporten er de tre klasser yderligere beskrevet, og det forventede ressourceforbrug opgjort.

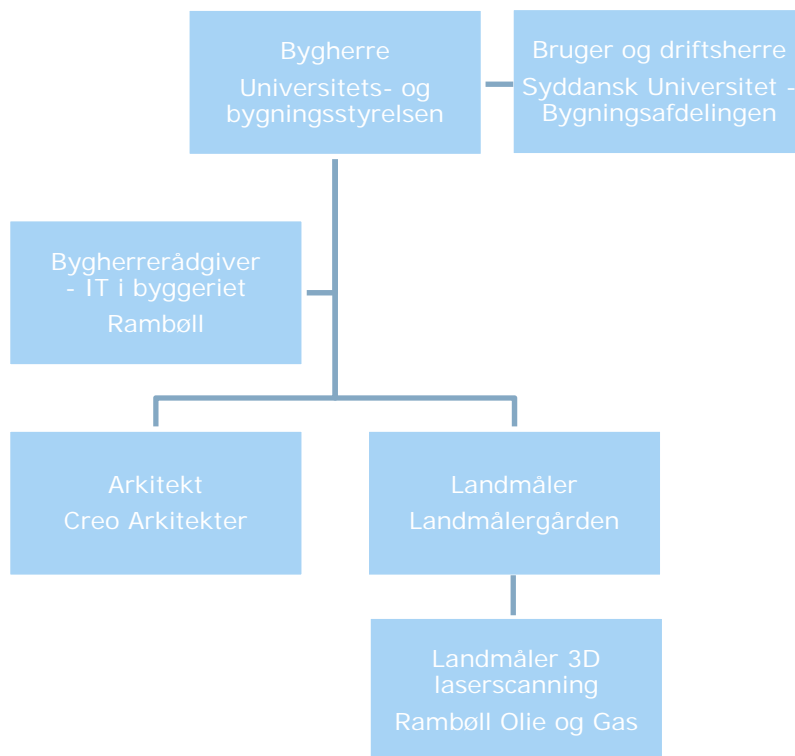
1.4.1 Anbefaling

Det anbefales at anvende ovennævnte klasse 2 på hovedparten af UBST's forestående moderniseringsprojekter. Ved mindre og simple projekter bør det dog overvejes om klasse 3 er tilstrækkeligt. Tilsvarende bør det ved særligt komplicerede projekter overvejes at anvende klasse 1. Det kan også være hensigtsmæssigt i dele af en bygning (f.eks. et teknikrum) at anvende klasse 1. Anbefalingen bygger på en økonomisk betragtning, hvor det er vurderet at være ca. dobbelt så dyrt, at opnå klasse 1 som klasse 2. Derfor anbefales klasse 1 kun anvendt, hvor dette kan bidrage med merværdi til projektet. Tilsvarende svarer klasse 1, til den metode som anvendes i dag, hvor det indledningsvist i projektet blev konstateret at kvaliteten i det eksisterende digitale materiale ofte ikke er tilstrækkelig.

På baggrund af resultaterne af dette pilotprojekt kan det ikke anbefales, at udføre opmåling og modellering af eksisterende bygninger i 3D på baggrund af traditionel opmåling med totalstationen. Det anbefales i stedet fremover som udgangspunkt at anvende 3D laserscanning. Omkostningerne til opmåling med totalstation og 3D laserscanner er af samme størrelsesorden, men 3D laserscanning giver mere værdi i den efterfølgende projektering og udførelse. Denne merværdi skabes f.eks. gennem anvendelse af nye muligheder for visualisering af de scannede bygninger over internettet for alle interessenter på projektet samt mulighed for kollisionskontrol mellem de eksisterende bygninger og det nyprojekterede.

2. ORGANISATION OG EVALUERINGSPROCES

Pilotprojektets organisation fremgår af nedenstående diagram.



Figur 1: Organisationsdiagram for pilotprojektet.

Projektet indledtes med workshop med deltagere fra bygherre, driftsherre, arkitekt og bygherrerådgiver, hvor projektets mål blev afklaret. Efterfølgende iværksattes opmåling og modellering af den eksisterende bygning efter forskellige principper, som beskrevet i afsnittene herunder. De virtuelle bygningsmodeller dannet på baggrund af de afprøvede metoder blev efterfølgende evalueret i samarbejde med bygherre og driftsherre. De tekniske og organisatoriske udfordringer, som blev observeret igennem projektet er ligesom resultaterne af evalueringerne opsamlet i denne rapport.

3. AFKLARING AF BEHOV FOR DIGITALISERING AF EKSISTERENDE BYGNINGER

I den indledende workshop blev der afholdt en brainstorming session, hvor det blev afklaret hvilket digitalt tegningsgrundlag mv. Syddansk Universitet har i dag, og hvordan de ønsker det skal være fremover. I Figur 2 - Figur 4 er vist det input som blev opsamlet i mind-maps³ i forbindelse med brainstorming sessionen.

³ Et mind-map er en diagramtype, som er nyttig til at repræsentere ord, ideer, opgaver og lignende omkring et centralt nøgleord. Mind-maps bruges til at generere, visualisere, strukturere, klassificere ideer, og er et hjælpeværktøj til at studere og organisere information, løse problemer samt træffe beslutninger.

De væsentligste udfordringer ved det nuværende digitale tegnings- og projekteringsgrundlag blev identificeret til at ligge i:

- Meget varierende kvalitet i det eksisterende digitale eller papirbaserede materiale. Der er usikkerhed omkring det eksisterende materiales brugbarhed, idet der ikke altid er overensstemmelse mellem tegninger og virkelighed
- Det er ofte forbundet med et stort tidsforbrug til at finde eksisterende materiale pga. af manglende struktur
- Der mangler optegning af tekniske installationer
- De fleste tegninger er kun i 2D

I Figur 2 er de indsamlede informationer omkring den aktuelle tilstand for det digitale tegnings- og projekteringsgrundlag illustreret.

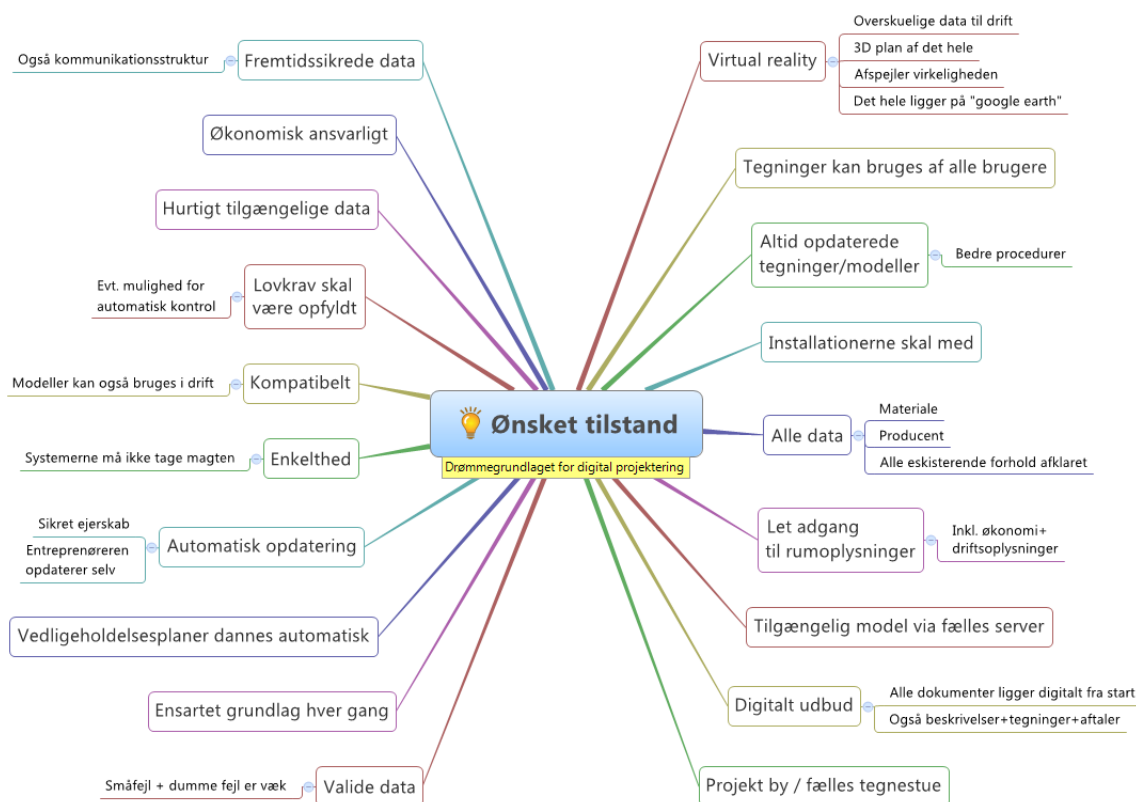


Figur 2: Mind-map der illustrerer karakteristika ved det nuværende digitale projekteringsgrundlag på Syddansk Universitet (se figur i fuld størrelse i vedlagte fil "Aktuel tilstand.png").

I workshoppen blev der endvidere identificeret en lang række ønsker til forbedringsmuligheder af det nuværende digitale projekteringsgrundlag. De vigtigste af disse er:

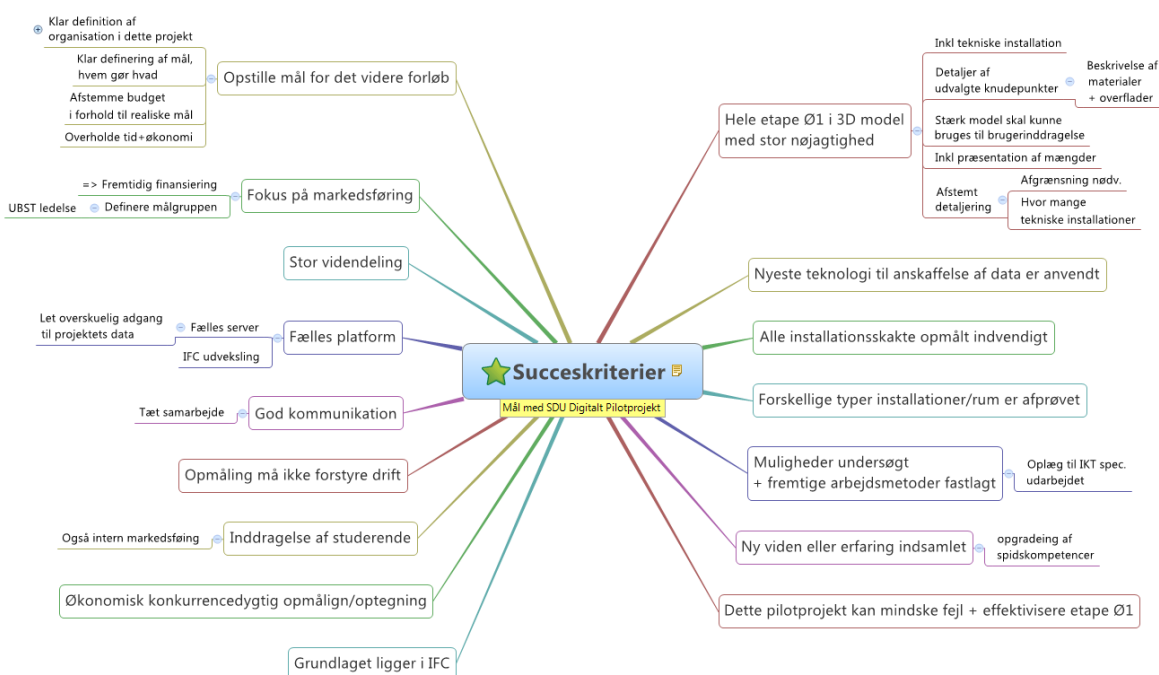
- Forbedring af kvaliteten i det digitale projektgrundlag så alle data er valide
- Lettere og mere overskuelig adgang til digitale data
- Digitalisering af tekniske installationer
- Bedre visualisering
- Opfyldelse af lovkrav
- Kompatible data, som også er tilgængelige på langt sigt

I Figur 3 er de indsamlede informationer omkring den ønskede tilstand for det digitale tegnings- og projekteringsgrundlag illustreret.



Figur 3: Mind-map der illustrerer ønsker til det digitale projekteringsgrundlag på Syddansk Universitet (se figur i fuld størrelse i vedlagte fil "Ønsket tilstand.png").

Med udgangspunkt i afklaringen af den nuværende tilstand og ønsker til fremtiden, blev der defineret en række succeskriterier for pilotprojektet. Det blev klart, at projektet skal have fokus på en fuld men økonomisk forsvarlig digitalisering af hele det bygningsafsnit, som skal moderniseres (etape Ø1 og Ø2). Den nyeste teknologi på området skal afprøves, erfaringer opsamles og de digitale data skal så vidt muligt baseres på åbne standarder såsom IFC (Industry Foundation Classes) for så vidt muligt at fremtidssikre dem. Projektets succeskriterier er desuden illustreret i Figur 4.



Figur 4: Mind-map der illustrerer succeskriterier for pilotprojektet (se figur i fuld størrelse i vedlagte fil "Succeskriterier.png").

4. DIGITALISERING MED FORSKELLIGE METODER

I projektets indledende fase fremkom et ønske fra bygherre om at få etableret tre kvalitetsniveauer (klasser) for digitalisering af de eksisterende bygninger. Dette er med henblik på fremover lettere at kunne udbyde opmåling og 3D modellering af eksisterende bygninger. Begrebet klasse indførtes for ikke at skabe forvirring i relation til begrebet informationsniveau⁴, som er fastlagt i regi af Det Digitale Byggeri med henblik på etablering af en fælles referenceramme for detaljering af bygningsmodeller i projektering, udførelse og drift.

Hensigten med de tre digitaliseringsklasser er, at bygherre for eksisterende bygninger, afhængig af ambitionsniveau for det pågældende projekt, kan vælge et standardiseret niveau og metode for udbud af opmåling og 3D bygningsmodellering. Klasserne er beskrevet i afsnit 6 og udviklet på baggrund af erfaringerne i dette pilotprojekt.

4.1 Metoder for opmåling og visualisering af måledata

For at fastlægge indholdet i de tre ovennævnte klasser blev forskellige metoder til opmåling og modellering af de eksisterende bygninger afprøvet. Den umiddelbart simpleste metode til generering af 3D bygningsmodeller er ved på baggrund af det eksisterende tegningsgrundlag at skabe modellerne i et egnet CAD-værktøj, og udføre stikprøvevis registrering af de eksisterende bygninger. På baggrund af et allerede betydeligt erfaringsgrundlag med metoden hos driftsherre og arkitekt samt problemer med validiteten af det eksisterende tegningsmateriale indgår denne metode ikke i afprøvninger i pilotprojektet, men medtages i sammenligningerne af ressourceforbrug ved de forskellige metoder.

For at opnå højere kvalitet i de digitale bygningsmodeller end ved modellering på baggrund af eksisterende materiale, blev der iværksat landmåleropmåling og –modellering af de eksisterende bygninger.

For det første blev der udført en traditionel opmåling af halvdelen af bygningsafsnittet Ø1 (bygning 25) med totalstation, se Figur 5. Ved denne metode opmåles ca. 3-5 punkter pr. flade, som anvendes i den efterfølgende 3D modellering i et CAD-værktøj som f.eks. AutoCad. Opmålingen og modelleringen omfatter de primære bygningsdele: Vægge, gulve, loft, søjler, bjælker, vinduer og døre, men ikke tekniske installationer. Efter modelleringen overføres landmålerens bygningsmodeller via IFC til arkitektens CAD værktøj, i dette tilfælde Revit Architecture vers. 2010. I Revit udarbejdes på baggrund af 3D modellen mængdeudtræk, rumprogrammer, samt isometri-, plan-, snit og facadetegninger.

⁴ I bips' CAD manual 2008 – C102 er specificeret informationsniveau 0-6 for indholdet af information i en virtuel 3D bygningsmodel i alle faser fra programmering til aflevering. Se: <http://www.bips.dk/Bips/CAD/bips-C102-CAD-manual-2008-anvisning.pdf>



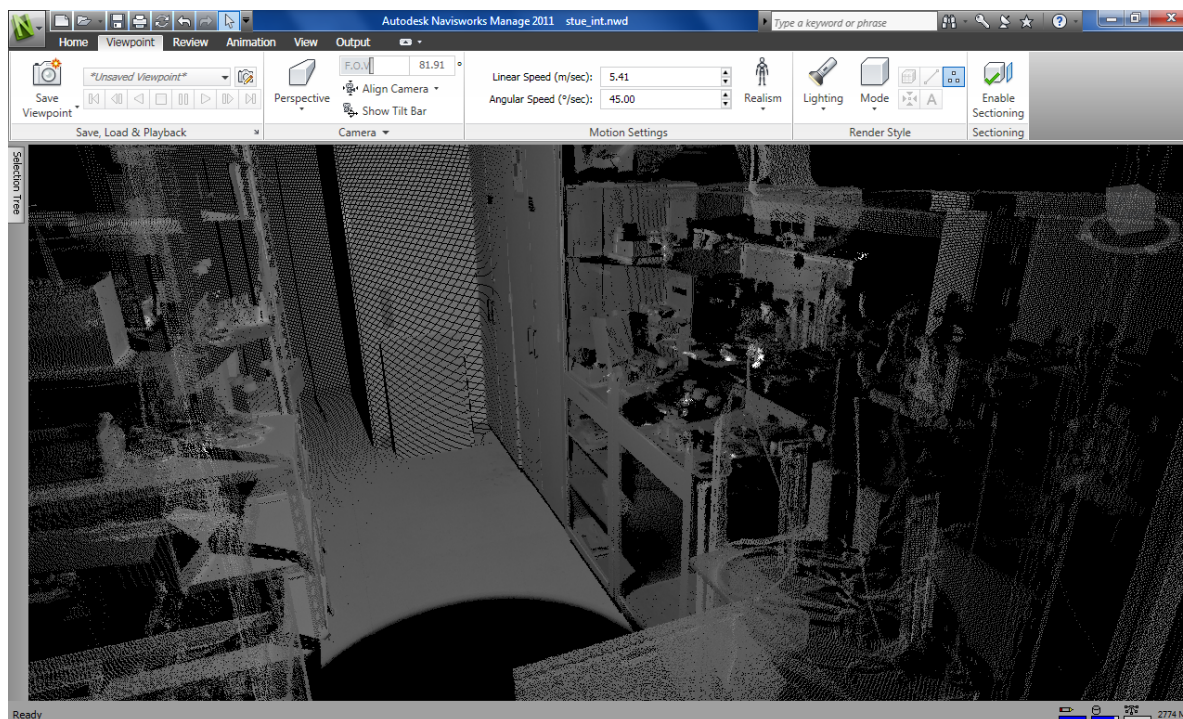
Figur 5: Totalstation anvendt til traditionel opmåling af eksisterende bygninger.

I anden etape af pilotprojektet blev opmålingen udført med en 3D laserscanner, som vist i Figur 6. I modsætning til totalstationen er resultatet af opmålingen med 3D laserscanneren millioner af målepunkter i en punktsky. Punktskyen skabes ved at 3D scanneren på baggrund af en laserstråles refleksion automatisk indsamler 3D koordinater i et givent område - f.eks. et rum i en bygning. Resultatet af en sådan scanning er vist i Figur 7.⁵



Figur 6: 3D laserscanner anvendt til rumlig registrering.

⁵ For yderligere introduktion til mulighederne med 3D laserscanning i byggeriet henvises f.eks. til Vestergård og Sunesen (2009): Udnyttelse af 3D scanning til kvalitetssikring i byggeriet, afgangsprøve ved Aalborg Universitet, http://vbn.aau.dk/research/files/31425568/3D_scanning_i_byggeriet.pdf.

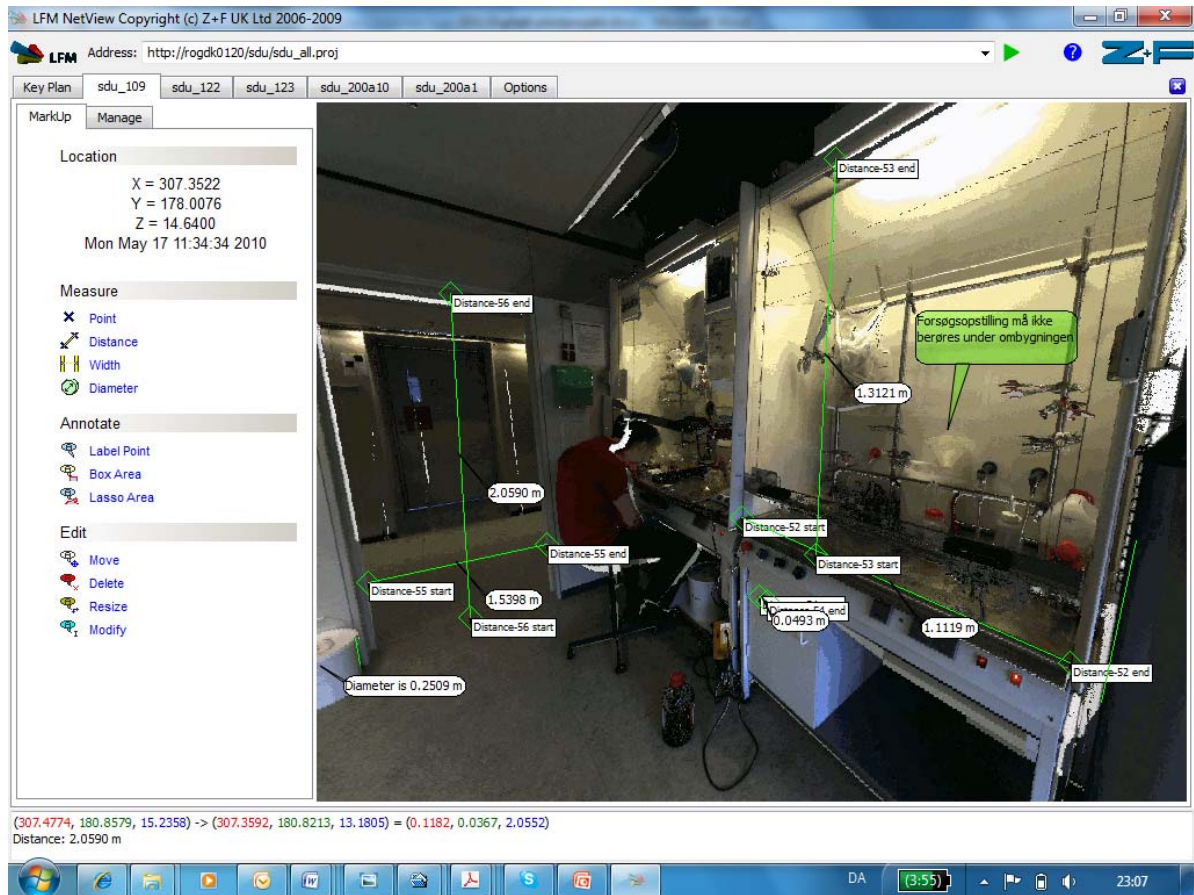


Figur 7: Billedet viser en punktsky, som er resultatet af en 3D laserscanning.

Punktskyerne kan også visualiseres i en interaktiv viewer⁶, hvor brugeren får oplevelsen af at navigere inde i modellen, som vist på Figur 8. Den her illustrerede viewer giver brugeren mulighed for via en simpel brugerflade at zoome, rotere samt udtrække mål og skrive noter i modellen. Den viste model streames⁷ over internettet fra en server, og der kan f.eks. opbygges en oversigtsplan hvorfra mange scanninger af ejendommen kan tilgås på overskuelig vis.

⁶ En interaktiv viewer giver brugeren mulighed for i et simpelt værktøj at se en visualisering af punktskyen. Brugeren har i den interaktive viewer nogle simple funktionalteter til at rotere, zoome, måle mv., men kan ikke f.eks. editere punktskyen.

⁷ Streaming er en teknologi, der bruges til at vise store mængder data over internettet. Ved streaming genereres på serveren billeder som sendes til brugerens PC. Det betyder, at brugeren ikke downloader hele punktskyen, men kun billederne, hvilket kan gøre det markant hurtigere at åbne punktskyen og vise den. En tilsvarende teknologi kendes f.eks. fra web-baseret video og TV.



Figur 8: Eksempel på visning af punktsky i vieweren Netview, hvor brugeren har mulighed for at zoome og rotere samt udtrække mål og annotere. Som supplement til registreringen af punkterne udføres også 360° fotografiering, hvilket giver farverne i billedet.

Der findes desuden specialsoftware til håndtering af punktskyer, som f.eks. kan omdanne dem til flademodeller af det opmålte eller udføre kollisionskontrol mellem punktskyen og 3D modeller af projekterede løsninger, se Figur 9. Dette software bruges af rådgiveren når der på baggrund af punktskyen skal opbygges virtuelle 3D bygningsmodeller eller laves kollisionskontrol mellem de eksisterende forhold (punktskyen) og det projekterede.



Figur 9: Eksempel på visuel kontrol mellem punktsky af eksisterende bygning (vist med grå) og den projekterede løsning (blå). Som anskueliggjort inden for den røde cirkel er der en uoverensstemmelse mellem den projekterede løsning og den eksisterende bygning.

5. ERFARINGER FRA AFPRØVNING

I dette afsnit er der opsamlet en række erfaringer, som blev gjort i løbet af pilotprojektet.

5.1 Ressourceforbrug til opmåling og 3D modellering

I et pilotprojekt, som det her beskrives, hvor der implementeres nye arbejdsmetoder og nye teknologier, vil der naturligt være en form for spild eller oplæring i starten. For at kunne vurdere ressourceforbruget fremadrettet er det herunder opgjorte ressourceforbrug angivet ekskl. oplæring. Ressourceforbruget er estimeret for en bygning svarende til en del af bygning OU21Ø på Syddansk Universitet, dvs. ca. 2500 m² blandet kontor, laboratorier, teknikrum og lager fordelt på 3 plan og ca. 50 rum. I det følgende er ressourceforbruget opgjort for opmåling baseret på henholdsvis totalstation og 3D laserscanner. Ved begge metoder kan leveres en 3D bygningsmodel i IFC-format samt proprietær format i landsdækkende koordinat- og højdesystem så modellen passer sammen med øvrige landsdækkende kortværker. Begge opmålingsmetoder giver en høj absolut nøjagtighed af de indmålte punkter med 2-3 mm middelfejl.

I nedenstående Tabel 1 er ressourceforbruget opgjort på baggrund af en opmåling med totalstation og modellering af vægge, gulve, loft, søjler, bjælker, vinduer og døre.

Tabel 1: Estimeret ressourceforbrug til opmåling og modellering af 2500 m² blandet kontor, laboratorier, teknikrum og lager fordelt på 3 plan og ca. 50 rum vha. opmåling med totalstation.

Beskrivelse	Tidsforbrug
Beregning & klargøring	2 dage (1 person)
Opmåling med totalstation	3 dage (2 personer)
Modellering af 3D bygningsmodel	3 dage (1 person)
Transport m.v.	Afhængig af lokalitet

I nedenstående Tabel 2 er ressourceforbruget til opmåling og modellering opgjort på baggrund af 3D laserscanning af bygningen. Det omfatter en fuldstændig scanning af bygningen, levering af punktsky, modellering af vægge, gulve, loft, søjler, bjælker, vinduer og døre i 3D og oprettelse af viewer løsning, der kan tilgås af de i projektet involverede parter.

Tabel 2: Estimeret ressourceforbrug til opmåling og modellering af 2500 m² blandet kontor, laboratorier, teknikrum og lager fordelt på 3 plan og ca. 50 rum vha. 3D laserscanning.

Beskrivelse	Tidsforbrug
Indmåling af target points	2 dage (2 personer)
3D laserscanning af bygning	2 dage (1 person)
Beregning & klargøring af punktsky	2 dage (1 person)
Modellering af 3D bygningsmodel	3 dage (1 person)
Transport m.v.	Afhængig af lokalitet

Til sammenligning med ovenstående er i Tabel 3 opgjort et estimeret tidsforbrug til 3D modellering på baggrund af eksisterende tegninger og stikprøvevis bygningsregistrering med kamera og opmåling med målebånd.

Tabel 3: Estimeret ressourceforbrug til 3D modellering af 2500 m² blandet kontor, laboratorier, teknikrum og lager fordelt på 3 plan og ca. 50 rum på baggrund af eksisterende tegninger og stikprøvevis bygningsregistrering med kamera og opmåling med målebånd.

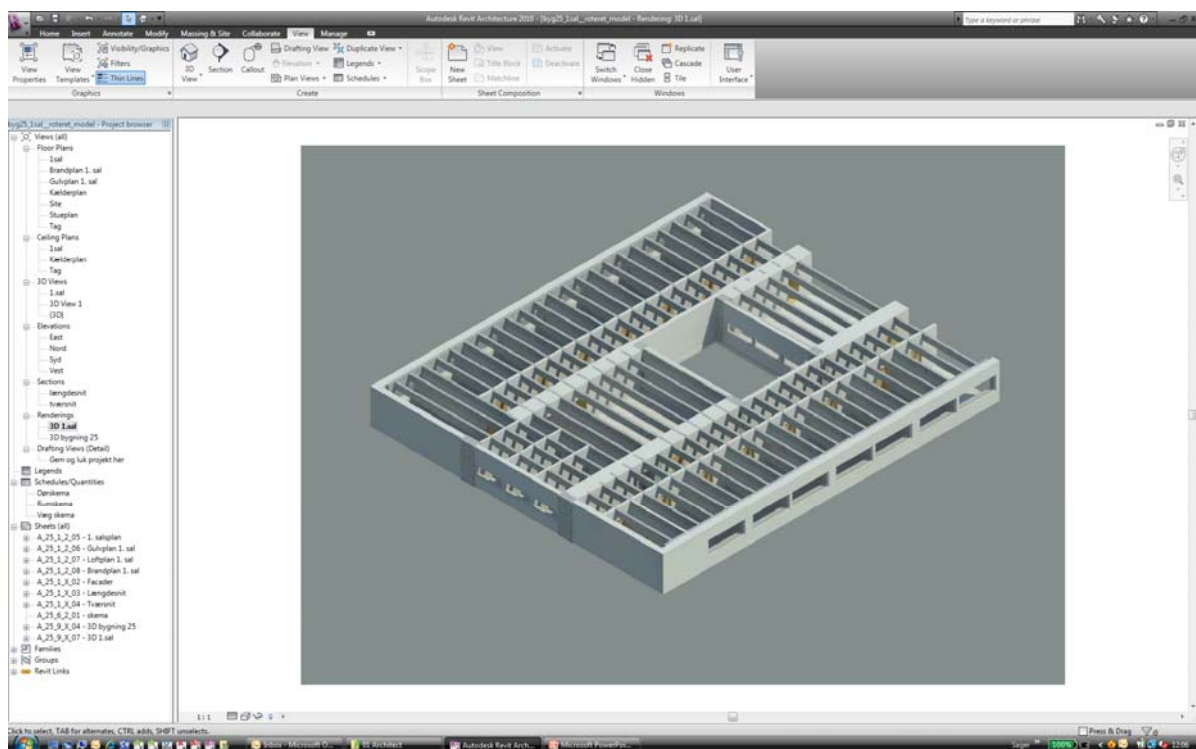
Beskrivelse	Tidsforbrug
Stikprøvevis registrering	3/4 dag (1 person)
Modellering af 3D bygningsmodel	3 dage (1 person)
Transport m.v.	Afhængig af lokalitet

På baggrund af de leverede 3D bygningsmodeller fra landmåler har arkitekten i Revit Architecture udarbejdet:

- Bygningsplaner (inkl. f.eks. toiletter + håndvaske)
- Gulvplaner med angivelse af gulvtyper (på baggrund af fotoregistrering).
- Loftplaner
- Brandplaner
- Snittegninger
- Udsnit af udvalgte rum
- Facadetegninger
- Isometriske visninger sat op på tegninger såsom en oversigtstegning samt en isometrisk visning for hver etage
- Relevante mængdelister (efter DBK), såsom dør- og vindueslister
- Rumskemaer med arealer og koter for OK gulv, UK dæk/loft, UK bjælkelag o.lign.
- Simple rendering fra Revit

De plane tegninger er påført overordnede mål samt M-mål for døre og vinduer. Omfanget af ovenstående er estimeret til ca. uge 1 for referencebygningen på 2500 m² udført af en erfaren 3D konstruktør.

I nedenstående Figur 10 er vist et screen dump af bygningen i Revit Architecture. I bilaget er vedlagt flere screen dumps til illustration.



Figur 10: 1. salen af referencebygningen vist i modelleringsværktøjet Revit Architecture.

Følgende anslåede timesatser er anvendt til estimering af omkostning til modellering og opmåling af referencebygningen:

Tabel 4: Timesatser anvendt til estimering af omkostninger til opmåling af referencebygning.

Beskrivelse	Timesats (kr/time)
Landinspektør	950,-
Landmåletekniker og assistent til 3D modellering	500,-
Konstruktør til fotoregistrering og 3D modellering på baggrund af eksisterende tegninger	650,-
Lejpris for udstyr til 3D laserscanning (ved 2 dage af 8 timer)	750,-

På baggrund af ovenstående er der estimeret følgende m²-priser til opmåling og modellering af referencebygningen på 2500 m².

Tabel 5: Estimerede omkostninger til opmåling og modellering af referencebygning på 2500 m²/50 rum ved anvendelse af forskellige metoder, alle priser er ekskl. moms i DKK.

Beskrivelse	Pris pr. m ²	Pris pr. rum
Opmåling og 3D modellering ved anvendelse af totalstation	25,-	1240
Opmåling og 3D modellering ved anvendelse 3D laserscanning	26,-	1312
Fotoregistrering og 3D modellering på baggrund af eksisterende tegninger	6,-	390
Tegningsgenerering, visualisering og mængdeudtræk	10,-	520

Ovenstående estimater er ekskl. mødeaktiviteter, projektledelse, transport, eventuelle revidering, opfølgning m.v., så den faktuelle pris ved indhentning af tilbud må forventes at ligge 10-30 % højere afhængig af projekttype, organisering og omfang.

Ovenstående viser, at opmålingen med totalstation og 3D laserscanning koster stort set det samme. Omfanget af opmålingen med totalstation kan eventuelt mindskes i forhold til dette pilotprojekt, ved frem for en fuld opmåling at bruge den til at kontrollere bygningsmodeller opbygget på baggrund af eksisterende tegninger. Dette ville give væsentligt færre målepunkter, lavere omkostninger men sandsynligvis også ringere kvalitet.

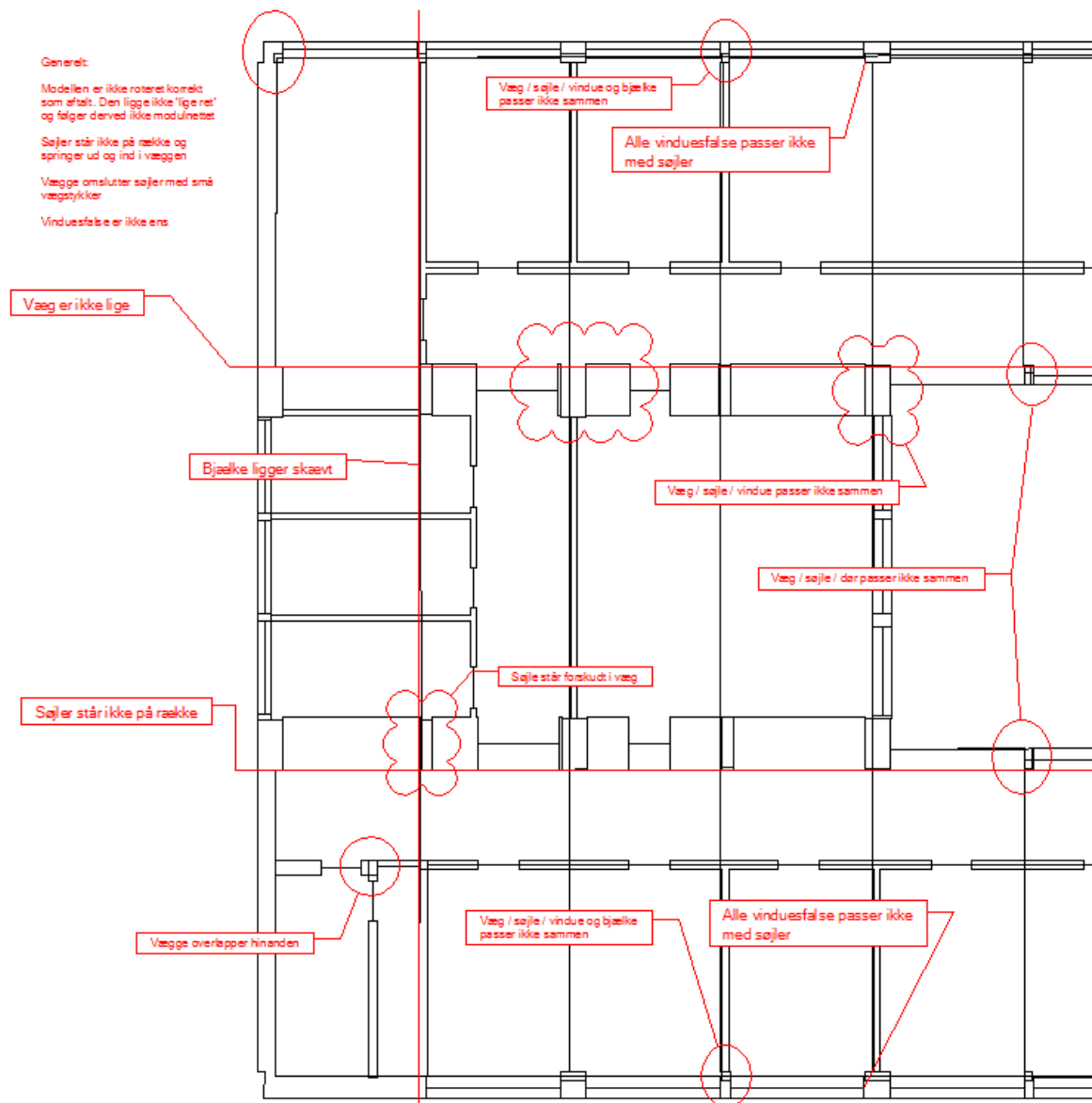
Såfremt der også ønskes en opmåling og modellering af de tekniske installationer vurderes prisen ved opmåling med totalstation at være ca. 2,5 gange højere. Ved anvendelse af 3D laserscanner er installationerne allerede opmålt, hvorfor det således "kun" er 3D modelleringen, som bliver ca. 2,5 gange dyrere.

Såfremt opmåling og 3D modellering udbydes i store puljer med en fornuftig tidshorisont forventes det, at der kan opnås væsentligt lavere priser end de ovenfor opgjorte. Det skyldes, at hovedparten af det trivielle arbejde i 3D modelleringen, vil kunne udføres i lavtlønslande. Endvidere vil der med en fornuftig planlægning kunne opnås mere fordelagtige lejepriser på udstyr og bedre ressourceudjævning end det er muligt at opnå ved et enkelt projekt som dette pilotprojekt.

5.2 Forskelligheder mellem bygningsmodeller baseret på opmåling og bygningsmodeller til projektering

I projektet blev det meget synligt, at der er forskel på bygningsmodeller baseret på opmåling og bygningsmodeller, der er egnede til projektering. Bygningsmodellerne baseret på opmåling er meget præcise og indeholder de små og store skævheder samt detaljer, som er i den virkelige bygning. Projekteringssoftwaren er imidlertid ikke særlig god til at håndtere de meget præcise opmålte modeller, hvorfor disse sjældent er hensigtsmæssige til projektering og drift af bygninger. Tilsvarende er de automatiserede rutiner i landmålersoftwaren til f.eks. at skabe overflademodeller af de eksisterende konstruktioner ikke særlig egnet til at skabe bygningsmodeller, som er forsimplede til brug i projekteringen.

I nedenstående Figur 11, er vist et eksempel på kommentarer fra arkitekten til landmåleren omkring områder, hvor 3D modellen baseret på opmålingen ikke er egnet til projekteringen.



Figur 11: Eksempel på uoverensstemmelser mellem bygningsmodel baseret på opmåling og model egnet projektering. Med rødt er vist arkitektens kommentarer til landmåleren anført på stueetageplanen i Autodesk Design Review (se figur i fuld størrelse i vedlagte fil "Byg25_Stue.pdf").

Det anbefales derfor, at softwareudviklere fremover arbejder imod en forbedret sammenhæng mellem de to domæner. Dette kunne f.eks. ske ved at software til automatisk generering af virtuelle bygningsmodeller havde funktioner til at generere de teoretisk forsimplede modeller, som er praktisk anvendelige i projekteringen eller, at projekteringssoftwaren fik faciliteter til bedre at håndtere de meget præcise modeller uden at påføre brugeren omfattende ekstra arbejde. Dette kunne f.eks. være mere automatiserede modelleringsrutiner til høj detaljering eller smarte funktioner til parallelt at håndtere de to modeller gennem intuitiv visning af henholdsvis teoretiske og virkelige model efter behov.

For med den nuværende tilgængelige software, at kunne opnå fordele af både laserscanningen og 3D modelleringen anbefales det, at bygningsmodellerne udarbejdes teoretisk, så de kan anvendes i projektering og driften. I bygningsmodellerne anbefales, at der f.eks. på rumniveau indlægges links til de relevante scanninger. Dette muliggør at brugeren, vil opnå både at have en model, som er let og fleksibel at arbejde med, men samtidig også have let adgang til de helt præcise og målbare data.

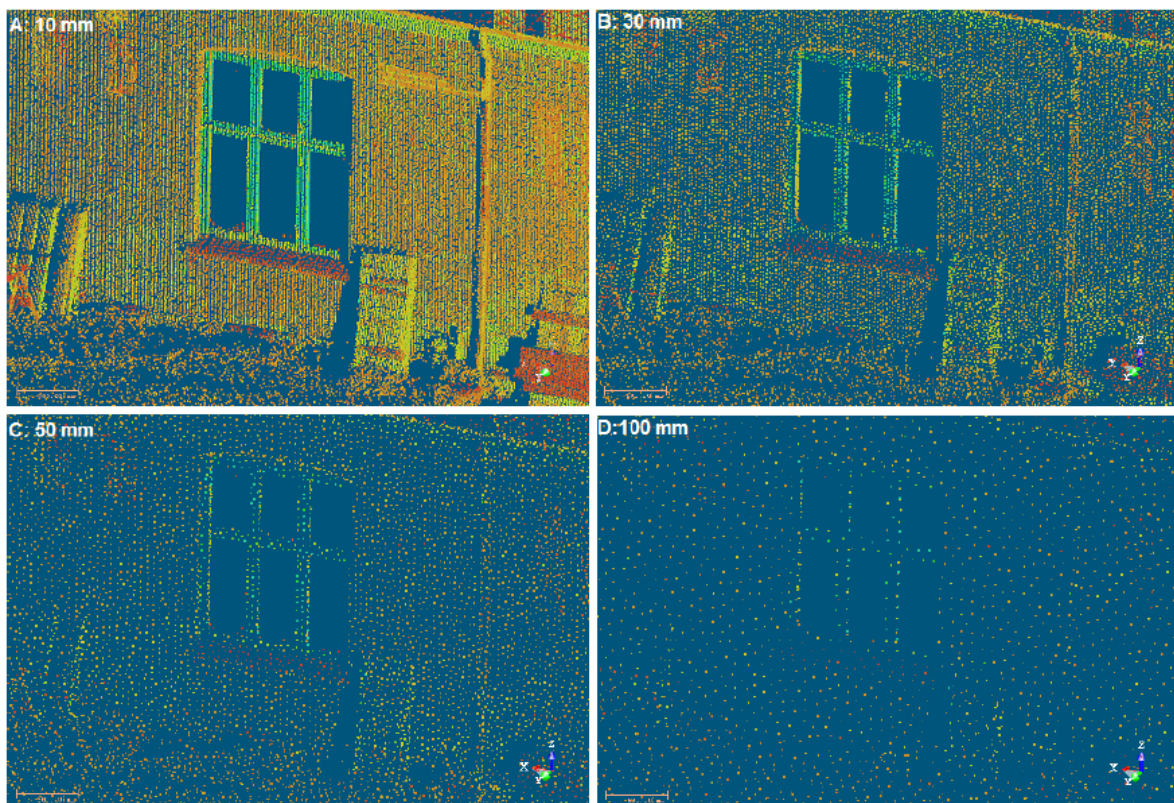
Efter en diskussion af hvorvidt unøjagtigheder skal modelleres præcist eller teoretisk, vurderedes det at: Unøjagtigheder i konstruktioner på under ca. 0,5 –1 % rettes op. Det anbefales desuden at udføre en konsistenskontrol mellem punktskyen fra 3D laserscanningen og den teoretiske model for at sikre overensstemmelse mellem de to modeller indenfor tolerancen på 0,5-1 %. En konsistenskontrol⁸ skal samtidigt også sikre, at modellerne er korrekt roterede, nulpunkter placeret rigtigt, modellerne ikke indeholder dobbeltobjekter samt at næsten parallelle vægge er parallelle mv. I forbindelse med 3D projektering er konsistenskontrol en af de vigtigste processer til at opnå højere kvalitet i tegninger og modeller end ved 2D projektering.

Ved modelleringen tager landmåler ikke stilling til materialer. Landmåler definerer udelukkende typer (e.g. vægge, søjler, dæk). Dette emne blev diskuteret og vurderes umiddelbart fornuftigt, da det ikke altid umiddelbart visuelt kan ses om en væg f.eks. er bærende eller stabiliserende.

5.3 Opmålingsnøjagtighed og detaljering

Både opmåling med totalstation og 3D laserscanner giver måleresultater med et par millimeters nøjagtighed. Totalstationen giver som tidligere nævnt nogle få målepunkter pr. bygningsdel og 3D laserscanningen giver op til flere millioner målepunkter pr. rum. Som illustreret på Figur 12 skal der vælges en opløsning for 3D laserscanningen afhængig af hvad den skal bruges til. Opløsningen afhænger af afstanden fra laserscanner til objektet og åbningsvinklen mellem to laserstråler. Som illustreret på figuren vil en opløsning med et grid på omkring 30 mm være tilstrækkelig til at bygningsobjekter kan genkendes, men ønskes en detaljeret bestemmelse af kanter kræves et grid på 10 mm eller mindre.

I pilotprojektet valgtes en opløsning med 10.000 scannelinjer på 360° svarende til en gridstørrelse på ca. 6 mm på 10 meters afstand fra laserscanner til objekt, hvilket gav ca. 20 GB måledata for de ca. 2500m² bygning.



Figur 12: Eksempel på opmåling af de samme bygningsdele med fire forskellige grid-størrelser.

⁸ Konsistenskontrol er en automatisk kontrol af 3D bygningsmodeller, som udover kollisioner mellem objekter også omfatter et mere intelligent tjek af en model ud fra foruddefinerede regler. Regler kan f.eks. opbygges til tjek af arealbehov, afstande til flugtveje, handicap-forhold, overensstemmelse mellem virtuelle bygningsmodeller fra forskellige fag mv.

5.4 Valg af koordinatsystemer, højdeplan og modulsystem

På fremtidige projekter skal der tages et valg om målingen skal placeres i forhold til landskoordinater (UTM/ETAS 89) eller det lokale system. På dette projekt bruges det overordnede modulsystem for SDU, hvor nord er drejet lidt.

Tilsvarende valgtes det at indlægge bygningsmodellerne i højden efter DVR 90⁹.

5.5 Informationsdeling via projektweb

Til udveksling af informationer i pilotprojektet blev anvendt Byggeweb som projektwebløsning. Som andre projektwebs er Byggeweb hovedsageligt baseret på udveksling af dokumenter, og ikke særligt anvendelig til udveksling af bygningsmodeller. Filer indeholdende bygningsmodeller kan godt uploades til projektweb-løsningen, men dette er dog tidskrævende, og de kan ikke direkte vises herfra, som eksempelvis dokumenter og tegninger. Tilsvarende forsvinder mulighederne for; samtidig redigering, dynamisk samarbejde i modellerne, versioneringsstyring på objekt niveau i databasen fremfor af filer/dokumenter m.v., som er en naturlig del af at arbejde med virtuelle bygningsmodeller. Det anbefales derfor, at der arbejdes for udviklingen af modelserver-løsninger frem for udelukkende at basere informationshåndteringen på dokumentbaserede arbejdsmetoder. Det kunne f.eks. baseres på åbne standarder såsom IFC-formatet, for ikke at etablere monopoler baseret på proprietære løsninger, og deraf manglende interoperabilitet¹⁰.

De ca. 20 GB data fra 3D laserscanningen blev ikke udvekslet via byggeweb.

5.6 DBK kodning

DBK-kodning blev afprøvet på projektet. Bygningsdele i bygningsmodellerne blev DBK-kodet efter forekomst i resultatdomænet: Produktaspekt, bygningsdele (se evt. <http://dbk.ramboll.dk/>).

Værdien af dette er pt. ret begrænset, men det er ressourceforbruget til at påføre koderne til bygningsmodellen også. Det vurderes derfor pt. ikke at have væsentlig hverken negativ eller positiv betydning for projektet.

Det viste sig pt. ikke muligt at overføre DBK-koder fra AutoCad til Revit via IFC.

⁹ DVR90 (Dansk Vertikal Reference 1990) er et højdesystem indført af Kort- og Matrikelstyrelsen (KMS), der er baseret på det seneste præcisionsniveau af Danmark.

¹⁰ Interoperabilitet er systemers evne til at udveksle data og dermed samarbejde.

5.7 Evaluering

SDU's byggetekniske og administrative personale samt UBST's projektledelse har givet positiv feedback på de præsenterede 3D modeller. De blev vurderet til f.eks. at være meget brugbare i forbindelse med udarbejdelse af tilbud på den forestående modernisering. Tilsvarende giver de et godt visuelt overblik over projektet, og mængdeudtrækkene vurderes som tidsbesparende.

Der blev dog udtrykt bekymring for hvorledes dataene skal vedligeholdes for at bevare deres nytteværdi. I forhold til succeskriterierne var der et ønske om også at få installationerne med i 3D bygningsmodellerne og beskrivelse af materialer, som ikke blev opfyldt. Dog kan dette ses visuelt i punktsky-vieweren.

Punktsky-vieweren blev vurderet særlig anvendelig til reduktion af transporttid både internt hos drifts- og bygherre, men samtidig også hos kommende rådgivere og entreprenører. I Tabel 6 er opsummeret driftsherres administrative og tekniske personales kommentarer til de mest positive og negative aspekter ved anvendelse af punktsky-vieweren og 3D laserscanning.

Tabel 6: Opsummering af driftsherres input til positive og negative aspekter ved anvendelse af punktsky-viewer og 3D laserscanning.

Positive aspekter ved anvendelse af punktsky-viewer og 3D laserscanning
<ul style="list-style-type: none"> - Nemt at arbejde med (viewer) - Stor nøjagtighed - Værktøjet gør det nemt at kommunikere præcist uden at skulle stå sammen i samme rum - Hurtig måde at skabe en 3D model på - God til præsentation - De synlige installationer er med - God til at skabe overblik over et rum, fra en anden lokalitet - Kan anvendes til syn af en bygning
Negative aspekter ved anvendelse af punktsky-viewer og 3D laserscanning
<ul style="list-style-type: none"> - Billedet/måling opdateres ikke, gælder kun den dag scanningen er lavet - Billedkvaliteten er ikke så skarp som et foto, det er svært at se nuancer og detaljer - Nøjagtigheden er næsten for stor, skæve vægge må ofte godt være lige

I nedenstående Tabel 7 er opsummeret de observerede fordele og ulemper ved de forskellige opmålings- og tilhørende 3D modelleringsmetoder.

Tabel 7: Fordele og ulemper ved forskellige opmålings- og 3D modelleringsmetoder.

Metode	Fordele	Ulemper
3D modellering på baggrund af eksisterende tegninger og stikprøvekontrol med målebånd	<ul style="list-style-type: none"> - Billigt og hurtigt - Kan udføres af de fleste arkitekt- og ingeniørvirksomheder 	<ul style="list-style-type: none"> - Kvalitet og nøjagtighed meget svingende - Eksisterende tegninger er behæftet med fejl som føres videre i projekteringen - Installationer mangler helt - Ikke synlige bygningsdele og teknikrum mangler - Ofte ikke overensstemmelse mellem model og virkelighed - Opmåling kan sjældent helt undværes, hvorfor det kan være mere hensigtsmæssigt at gøre dette fra starten
Opmåling med totalstation og efterfølgende 3D modellering	<ul style="list-style-type: none"> - Kendt teknologi - Stor nøjagtighed - Alle landets landmålervirksomheder bruger teknologien 	<ul style="list-style-type: none"> - Få målepunkter - Tidskrævende at opmåle installationer - Hvis det eksisterende tegningsmateriale er af god kvalitet er værditilvæksten af 3D modellerne skabt på denne måde i forhold til modeller skabt på baggrund af eksisterende tegninger og stikprøvekontrol beskedent

		- 3D modelleringen skal helst udføres af medarbejdere, som har udført opmålingen, da det er væsentlig lettere at opsætte måledataene til modeller for personer, som kender bygningerne
Opmåling med 3D laserscanner og efterfølgende 3D modellering	<ul style="list-style-type: none"> - Alt synligt opmåles - Installationerne er med i punktskyen - Visualiseringen af punktskyen har stor nytteværdi - Der findes software som er stærkt til håndtering af punktskyer til f.eks. kollisionskontrol eller automatisk generering af overflader for det opmålte - 3D modelleringen kan udliciteres til lavtlønslande på baggrund af punktsky - Muligheder for automatisering med f.eks. robotter - Stort udviklingspotentiale 	<ul style="list-style-type: none"> - Ikke synlige bygningsdele kan ikke måles, hvorfor det er væsentligt f.eks. at have åbnet til installationskakte når laserscanningen foretages - Kan kræve flere opstillinger for at få alle ønskede målepunkter i et rum - Datamængderne kan blive store og svære at håndtere - Almindeligt CAD-software har ofte svært ved at håndtere detaljerede punktskyer - Lejepriser på udstyret kan være høje, men den samlede pris for opmåling er dog ikke højere end for opmåling med totalstation

6. KLASSER FOR OPMÅLING OG MODELLERING AF EK-SISTERENDE BYGNINGER

På baggrund af de erfaringer, som er beskrevet i ovenstående afsnit, er der specificeret tre klasser for opmåling af eksisterende bygninger. De tre klasser indeholder en kombination af detaljeringsgrad og opmålingsmetode til digitalisering af eksisterende bygninger.

Opmålingen og modelleringen baseret på totalstation og 3D laserscanning viste sig jf. 5.1 at være næsten lige dyre. Værdien af opmålingen med totalstation viste sig dog i praksis, at bidrage meget lidt til værdiskabelsen i projektet, hvorfor denne metode ikke indgår i nedenstående klasser.

Klasse 1: "det ypperste" (top niveau):

3D laserscanning af hele bygningen samt 3D modellering af hele bygningen inkl. installationer.

Der leveres:

- 3D laserscanning af hele bygningen
- Punktsky fra laserscanning i proprietær format
- 3D objektorienteret bygningsmodel til informationsniveau 4¹¹ iht. Det Digitale Byggeri. 3D bygningsmodel leveres i IFC format og proprietær format
- Unøjagtigheder i bygningsdele på under ca. 0,5 –1 % rettes op til teoretisk placering
- Konsistenskontrol mellem punktskyen fra 3D laserscanningen og den teoretiske model udføres for at sikre at overensstemmelsen mellem de to modeller er indenfor tolerancen på 0,5-1 %
- Klassifikation af objekter i 3D model efter DBK
- Punktsky i server-baseret viewer-løsning
- Link mellem rum i 3D model og scanninger i punktsky-viewer

¹¹ I bips' CAD manual 2008 – C102 er specificeret informationsniveau 0-6 for indholdet af information i en virtuel 3D bygningsmodel i alle faser fra programmering til aflevering. Se: <http://www.bips.dk/Bips/CAD/bips-C102-CAD-manual-2008-anvisning.pdf>. Informationsniveau 4 svarer til detaljeringsniveauet for et hovedprojekt.

Klasse 2: "nice to have" (middel niveau):

3D laserscanning af hele bygningen samt 3D modellering af hele bygningen ekskl. installationer, men inkl. installationsskakte.

Der leveres:

- 3D laserscanning af hele bygningen
- Punktsky fra laserscanning i proprietær format
- 3D objektorienteret bygningsmodel til informationsniveau 3 iht. Det Digitale Byggeri. Leveres i IFC format og proprietær format
- Unøjagtigheder i bygningsdele på under ca. 0,5 –1 % rettes op til teoretisk placering
- Konsistenskontrol mellem punktskyen fra 3D laserscanningen og den teoretiske model udføres for at sikre at overensstemmelsen mellem de to modeller er indenfor tolerancen på 0,5-1 %
- Punktsky i viewer-løsning
- Klassifikation af objekter i 3D model efter DBK

Klasse 3: "need to have" (minimum niveau):

3D model ekskl. installationer opbygget på baggrund af eksisterende tegninger og stikprøvevis kontrolopmåling.

Der leveres:

- 3D objektorienteret bygningsmodel til informationsniveau 2 iht. Det Digitale Byggeri. 3D bygningsmodel leveres i IFC format og proprietær format.
- Klassifikation af objekter i 3D model efter DBK

Supplerende tegningsopretning, visualisering og mængdeudtræk:

På baggrund af 3D bygningsmodeller udarbejdes for alle klasser:

- Bygningsplaner (inkl. f.eks. toiletter + håndvaske)
- Gulvplaner med angivelse af gulvtyper (på baggrund af fotoregistrering).
- Loftsplaner
- Brandplaner
- Snittegninger
- Udsnitstegninger af udvalgte rum
- Facadetegninger
- Isometriske visninger sat op på tegninger såsom en oversigtstegning samt en isometrisk visning for hver etage
- Relevante mængdelister (efter DBK), såsom dør- og vindueslister
- Rumskemaer med arealer og koter for OK gulv, UK dæk/loft, UK bjælkelag o.lign.
- Simple renderinger

7. KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER

Dette projekt har vist, at der for den eksisterende bygningsmasse for en relativ beskednen indsats (10-30 kr. pr. m²) kan skabes virtuelle 3D bygningsmodeller, som bl.a. har stor værdi i den forestående modernisering af laboratorier på de danske universiteter. I projektet blev forskellige teknologier til opmåling og skabelse af bygningsmodeller afprøvet. Dette omfattede opmåling med 3D laserscanning samt opmåling på traditionel vis med totalstation.

I pilotprojektet blev specificeret tre klasser (ambitionsniveauer), som kan bruges ved fremtidig udbud af opmåling og modellering. I disse klasser er det specificeret hvordan bygningsmodellerne afhængig af det enkelte projekts behov enten kan skabes på baggrund af eksisterende tegninger eller præcise 3D laserscanninger. Ved det laveste niveau (klasse 3) opbygges den virtuelle 3D bygningsmodel på baggrund af eksisterende tegninger, og der udføres stikprøvevis kontrolopmåling. Ved det mellemste niveau (klasse 2) udføres en 3D laserscanning af hele bygningen, som anvendes i forbindelse med opbygningen af bygningsmodellen. Denne skal indeholde de primære bygningsdele såsom dæk, vægge, bjælker, døre, vinduer m.v., men ikke installationer. Det højeste niveau (klasse 1) omfatter, som supplement til det mellemste niveau også en modellering af bygningens installationer.

Klasse 2 anbefales anvendt på hovedparten af UBST's forestående moderniseringsprojekter. Ved mindre og simple projekter bør det dog overvejes om klasse 3 er tilstrækkeligt. Tilsvarende bør det ved særligt komplicerede projekter overvejes at anvende klasse 1. Det kan også være hensigtsmæssigt i dele af en bygning (f.eks. et teknikrum) at anvende klasse 1. I afsnit 5 og 6 er de tre klasser yderligere beskrevet, og det forventede ressourceforbrug opgjort. Et udkast til en specifikation for udbud af disse opgaver findes i Bilag 2.

De virtuelle 3D bygningsmodeller og de visualiserede punktsky-opmålinger fik en positiv modtagelse i såvel bygherreorganisationen (UBST) som af det administrative og servicetekniske personale hos driftsherren (SDU). Det blev i projektet klart, at modellerne og punktskyerne vil være nyttige til at skabe overblik i den forestående modernisering og potentielt tjene sig selv ind ved sparet tidsforbrug og omkostninger til transport i forbindelse med diverse besigtigelser.

For at opnå en smertefri udveksling af informationer på byggeprojekter, er det vigtigt, at 3D bygningsmodellerne gøres let tilgængelige for brugerne (bygherre, rådgivere, håndværkere samt daglige brugere og administratorer af bygningerne). De gængse projektweb-løsninger, der typisk anvendes til informationsdeling i byggeriet er imidlertid ikke tilstrækkeligt brugervenlige og effektive til håndtering af de virtuelle 3D bygningsmodeller. Det anbefales derfor, at iværksætte initiativer for udvikling og implementering af nye informationshåndteringssystemer, der kan integrere de dokumentbaserede og de bygningsmodelbaserede arbejdsmetoder. Tilsvarende anbefales det på grund af brugernes meget forskellige behov at udvikle og implementere løsninger, der kan understøtte såvel stationære som mobile arbejdspladser, så informationer i 3D modellerne f.eks. også er tilgængelige for det tekniske personale, når de servicerer bygningerne.

I forbindelse med modernisering af laboratorierne vurderes 3D bygningsmodellerne også at have stor værdi til afdækning af kommende brugerbehov. Det forventes her, at det særligt er 3D bygningsmodellernes stærke visuelle egenskaber, som gør at brugerne kan vurdere foreslåede designløsninger bedre end med 2D papirbaserede projekteringsmetoder. Gennem visualisering af hvorledes de foreslåede løsninger passer ind sammen med de eksisterende bygninger, kan brugerne også give brugbar feedback til de projekterende.

Det blev ikke i projektet tilstrækkeligt afklaret, hvordan bygningsmodeller kan tages i anvendelse i universitetets drift. Det anbefales derfor, at iværksætte yderligere afklaring af, hvorledes bygherre og driftsherren kan skabe værdi med de virtuelle bygningsmodeller ved anvendelse i universitetets drift. Der forventes, at kunne opnå store besparelser ved anvendelse af 3D bygningsmodellerne i driften til f.eks. ad hoc dataudtræk, udbud af rengøring og vedligeholdelsesopgaver, optimering af arealanvendelse, analyse og optimering af energiforbrug, organisering af byggetekniske informationer m.v.

I den forstående implementering anbefales det udover det tekniske aspekt, som dette pilotprojekt primært berørte, i høj grad også at fokusere på de organisatoriske og de forretningsmæssige aspekter. Det betyder, at de nødvendige tilpasninger i organisationen og arbejdsmetoder skal afklares således, at det digitale grundlag systematisk bliver vedligeholdt. Endvidere skal det sikres at dets ejerskab er forankret i organisationen, og de nye tiltag som igangsættes får et helheds-

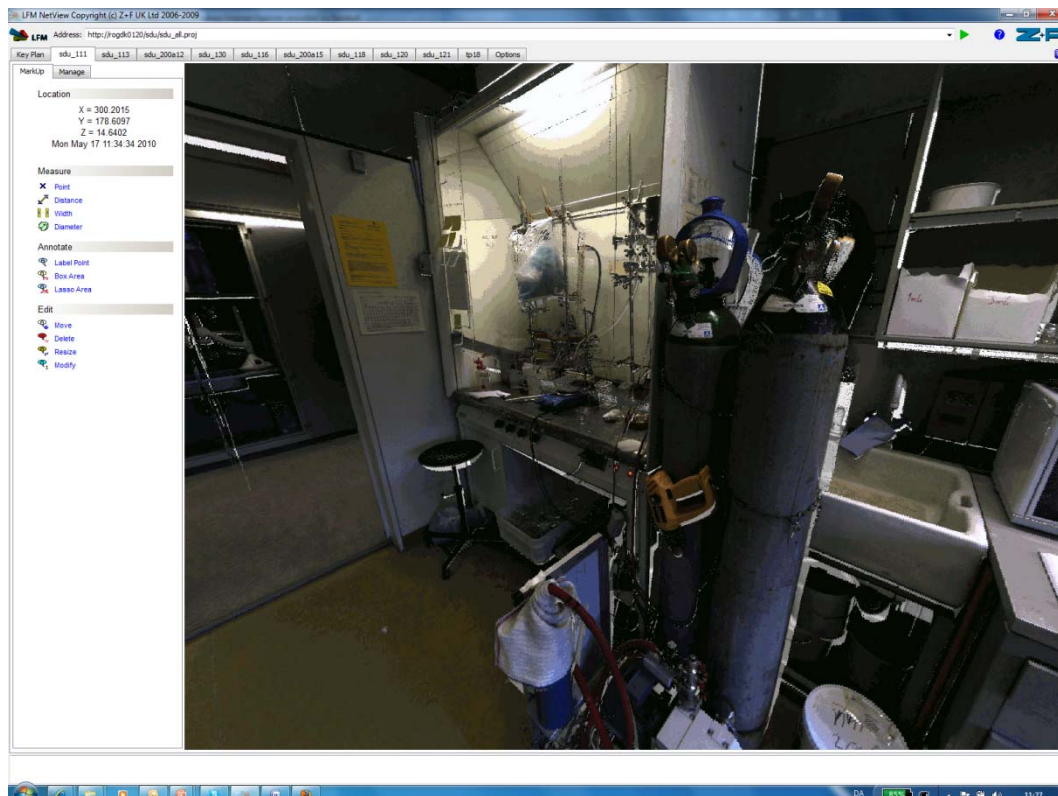
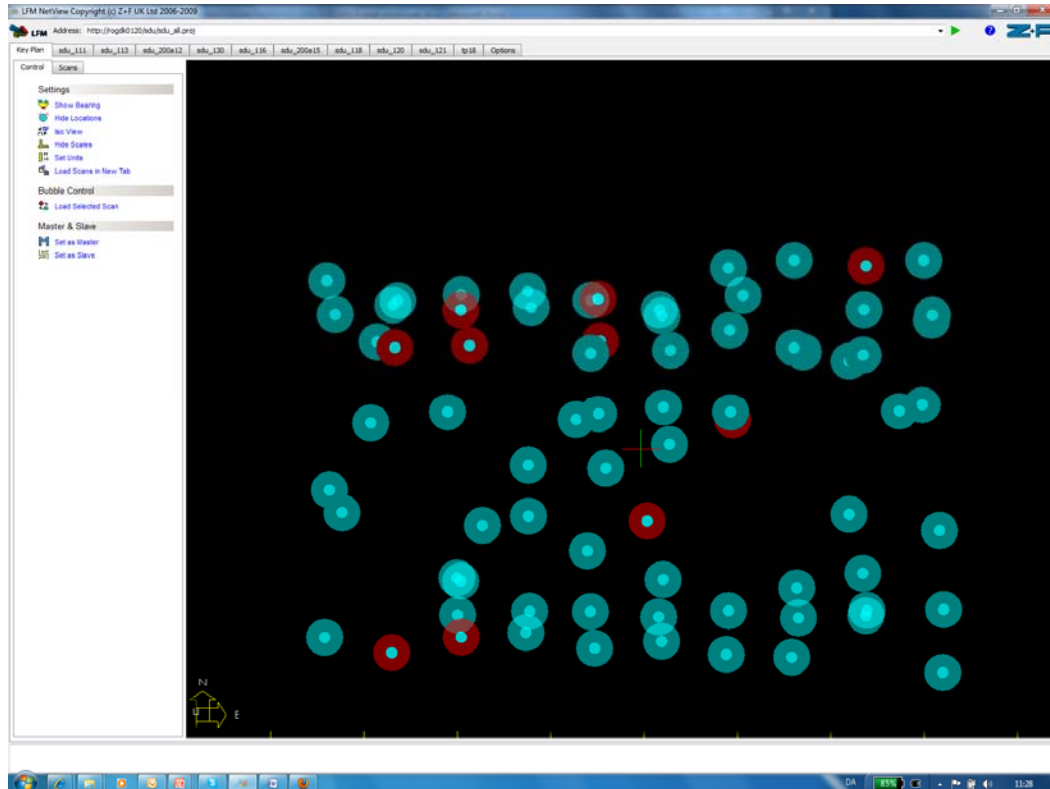
orienteret fokus på optimering af forretningsgange. Det anbefales, at udarbejde konkrete forretningsplaner for, hvorledes de virtuelle bygningsmodeller kan bidrage til værdiskabelsen i driften.

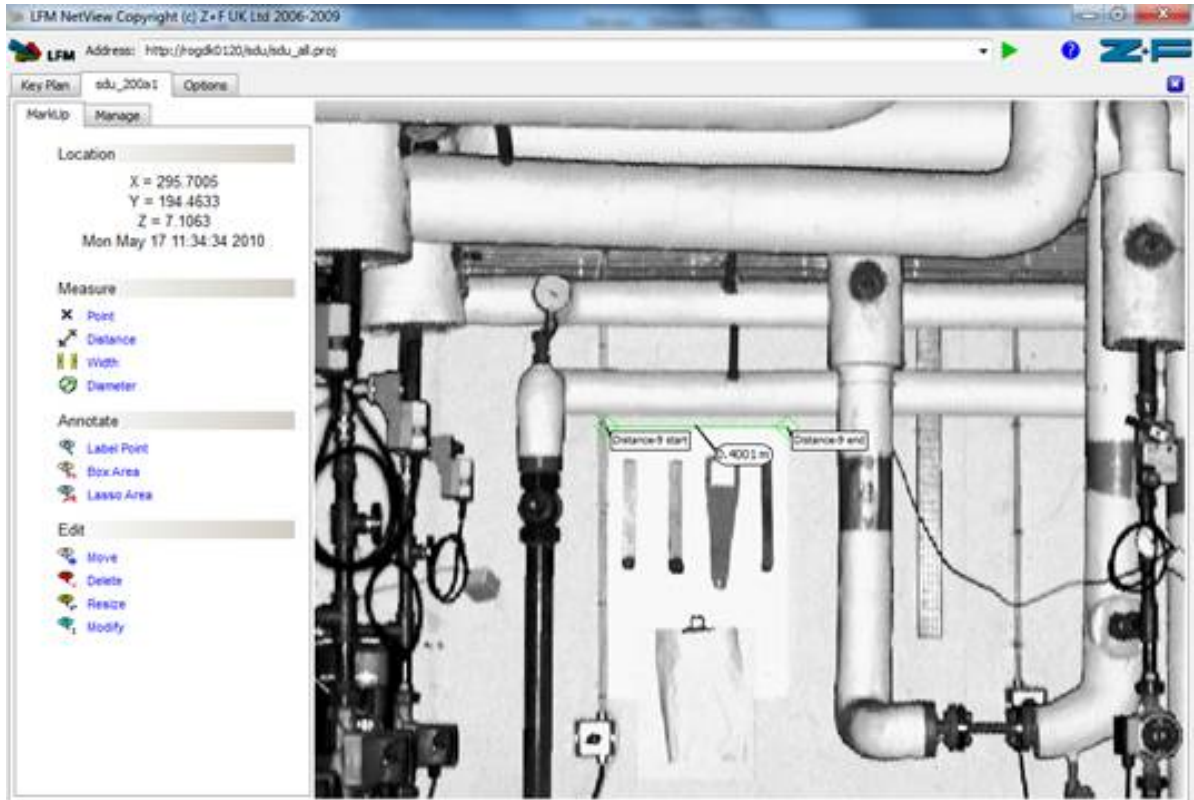
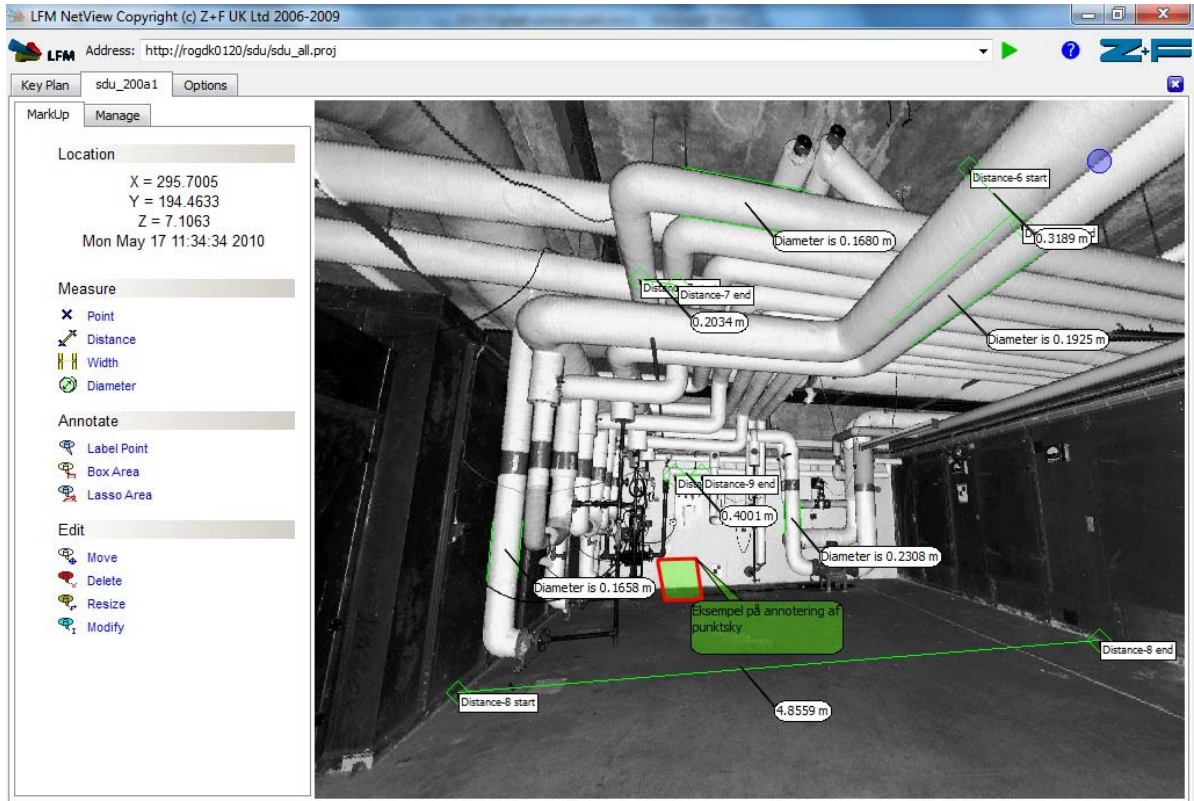
Som opfølgning på dette pilotprojekt anbefales det at evaluere, hvorledes de udarbejdede bygningsmodeller og 3D laserscanninger fungerer under gennemførelse af projektering og udførelse af den forestående modernisering. I den forbindelse anbefales også at iværksætte initiativer såsom undervisning og opfølgning, der sikrer at bygningsmodellerne og laserscanninger tages i anvendelse i projekteringen og udførelsen.

Der viste sig, at være et betydeligt behov for kvalitetssikring af de leverede 3D bygningsmodeller, hvorfor det anbefales i fremtidige projekter at indarbejde metoder til dette, for at sikre den rette og brugbare kvalitet. Dette kunne f.eks. ske gennem tredjeparts kontrol. Tilsvarende kræver de virtuelle bygningsmodeller, akkurat som fysiske bygninger, løbende vedligeholdelse for at være anvendelige. Det anbefales derfor at iværksætte initiativer omhandlende drift og vedligeholdelse af de virtuelle bygningsmodeller.

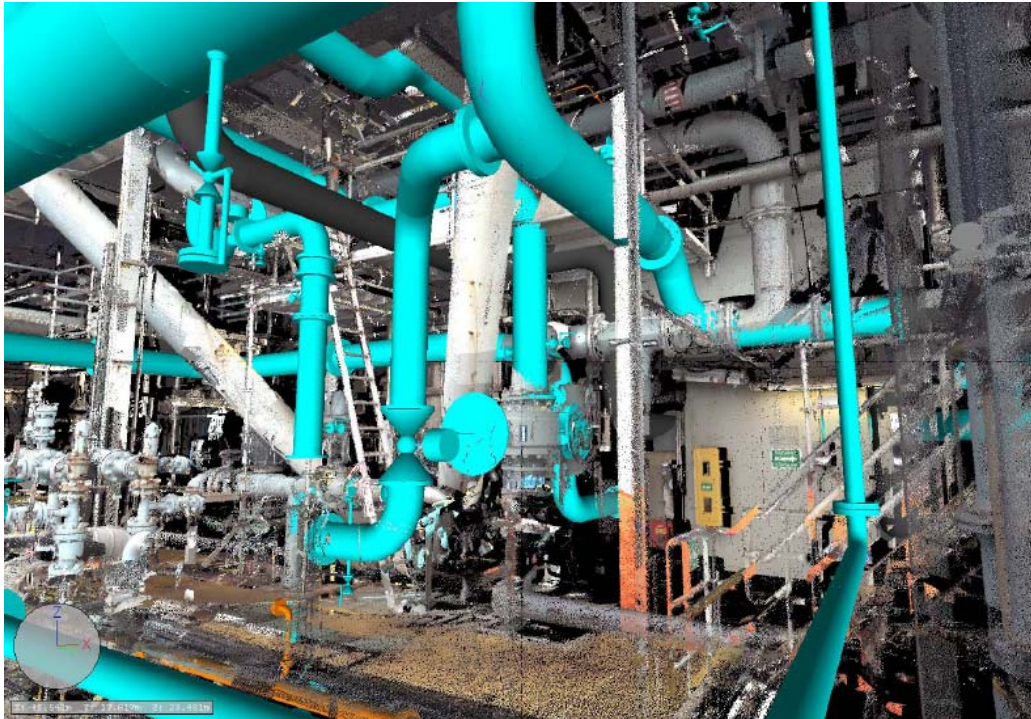
BILAG 1 SCREEN DUMPS AF 3D MODELLER FRA PROJEKTET

Screen dumps af punktskyer vist i Netview

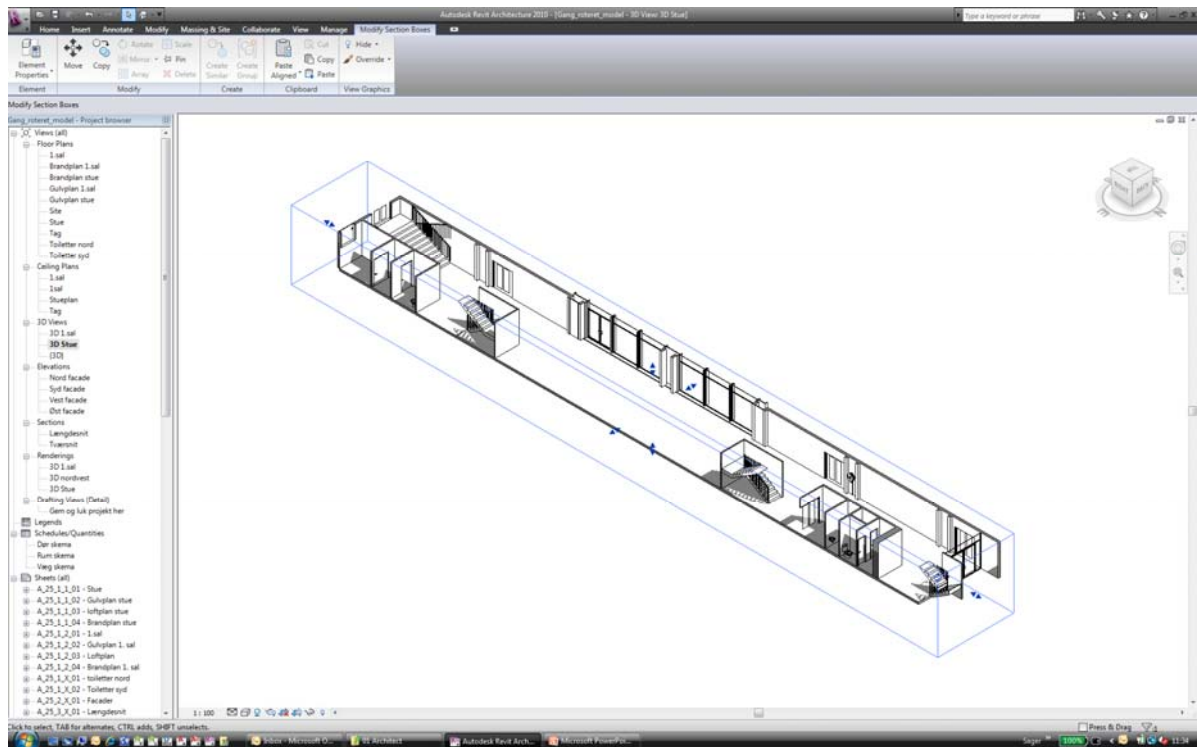
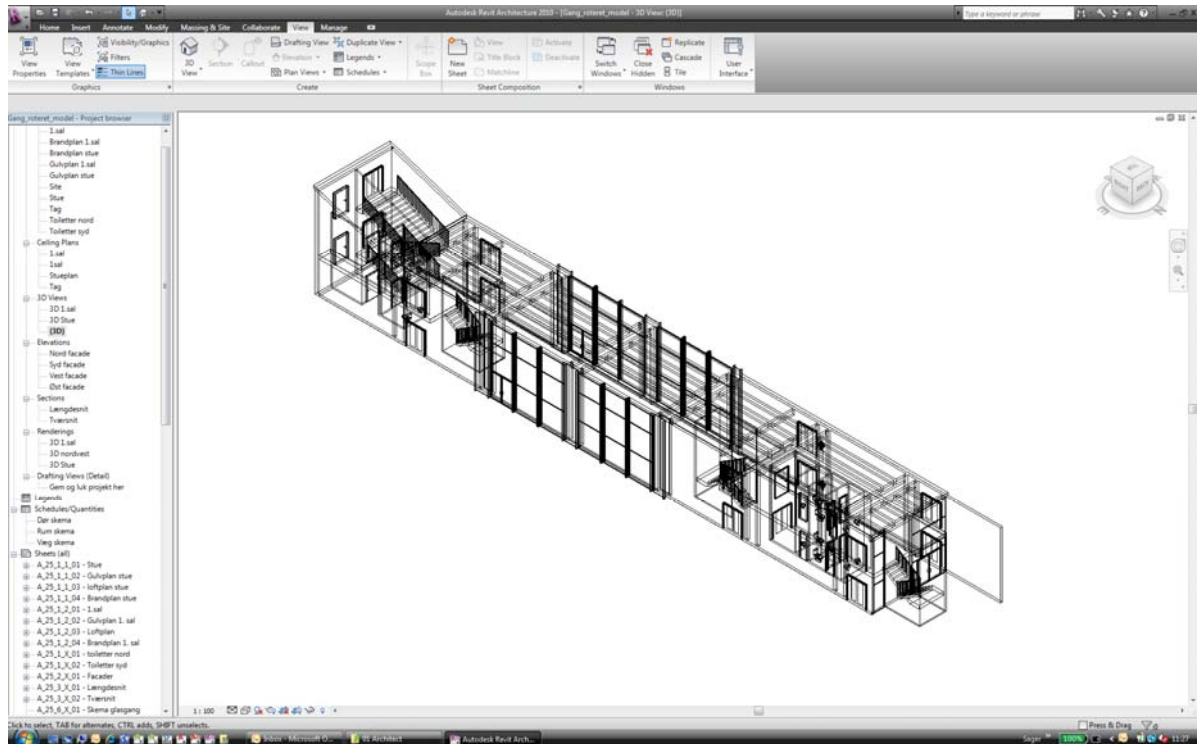


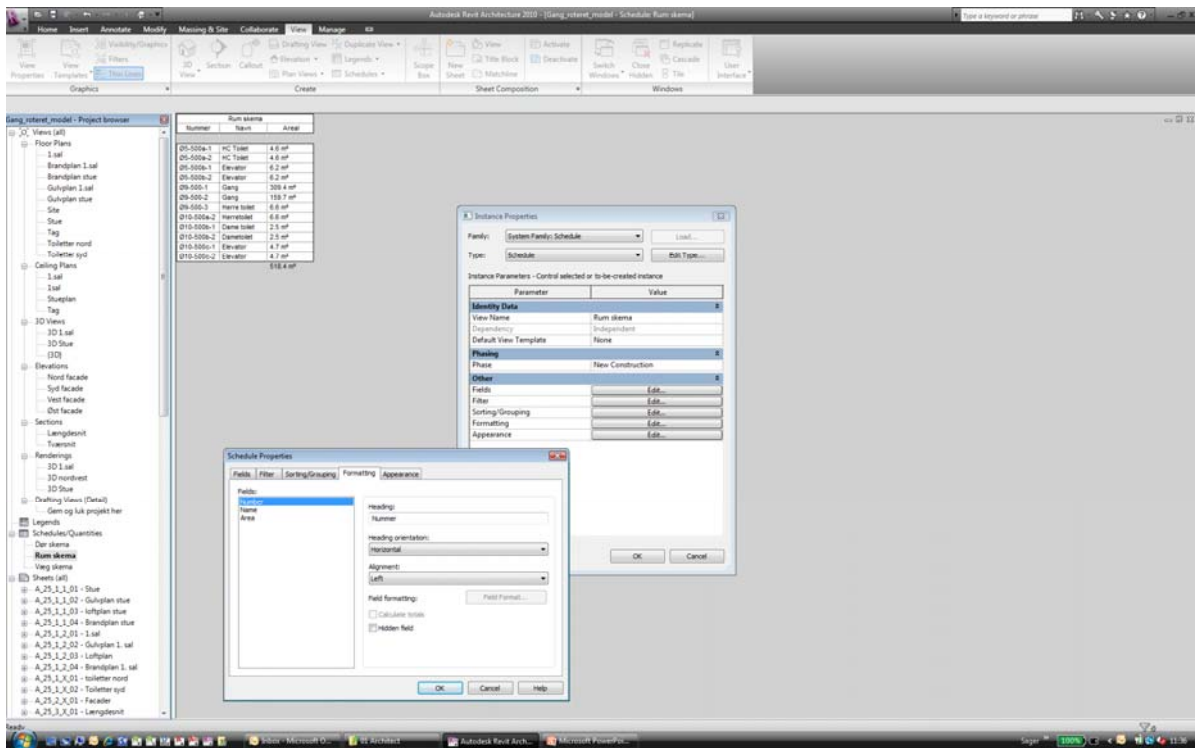
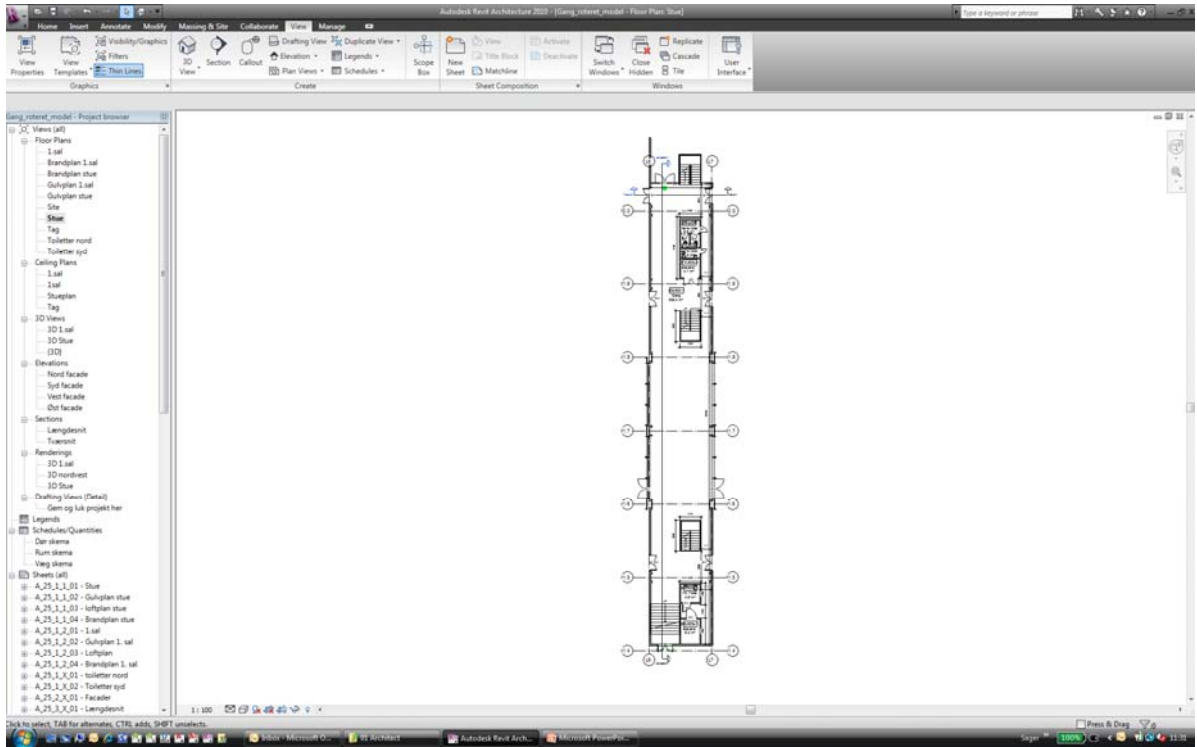


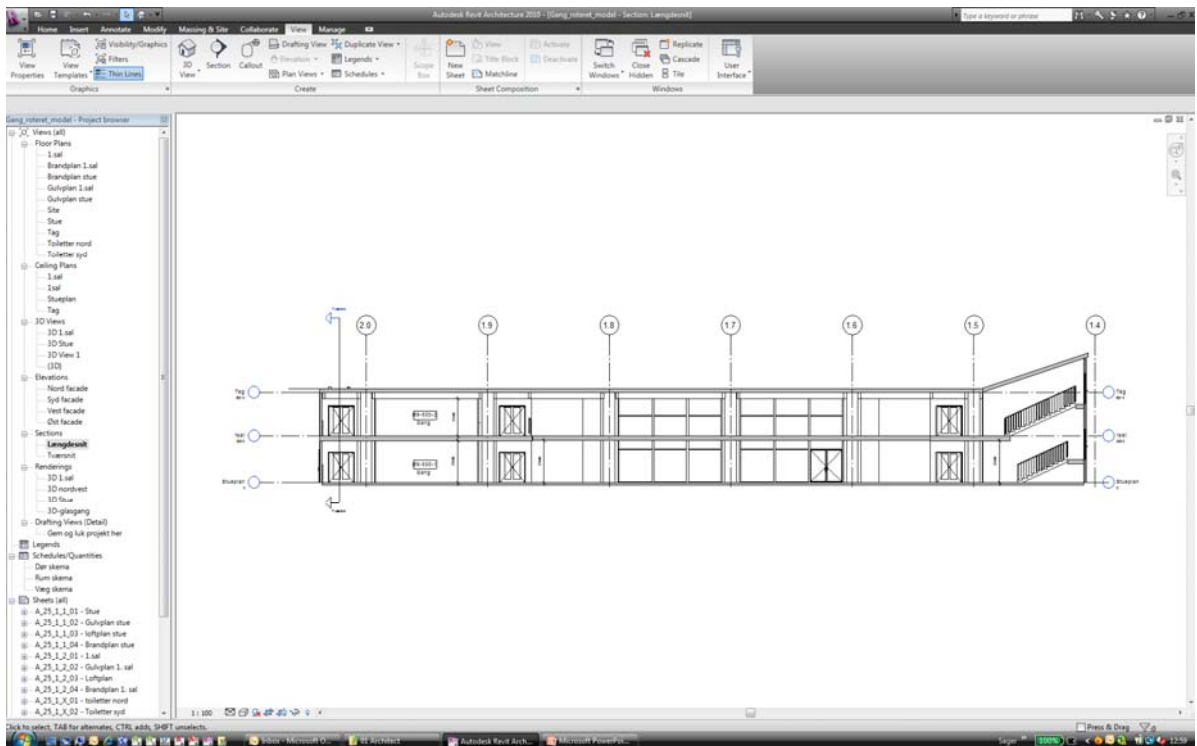
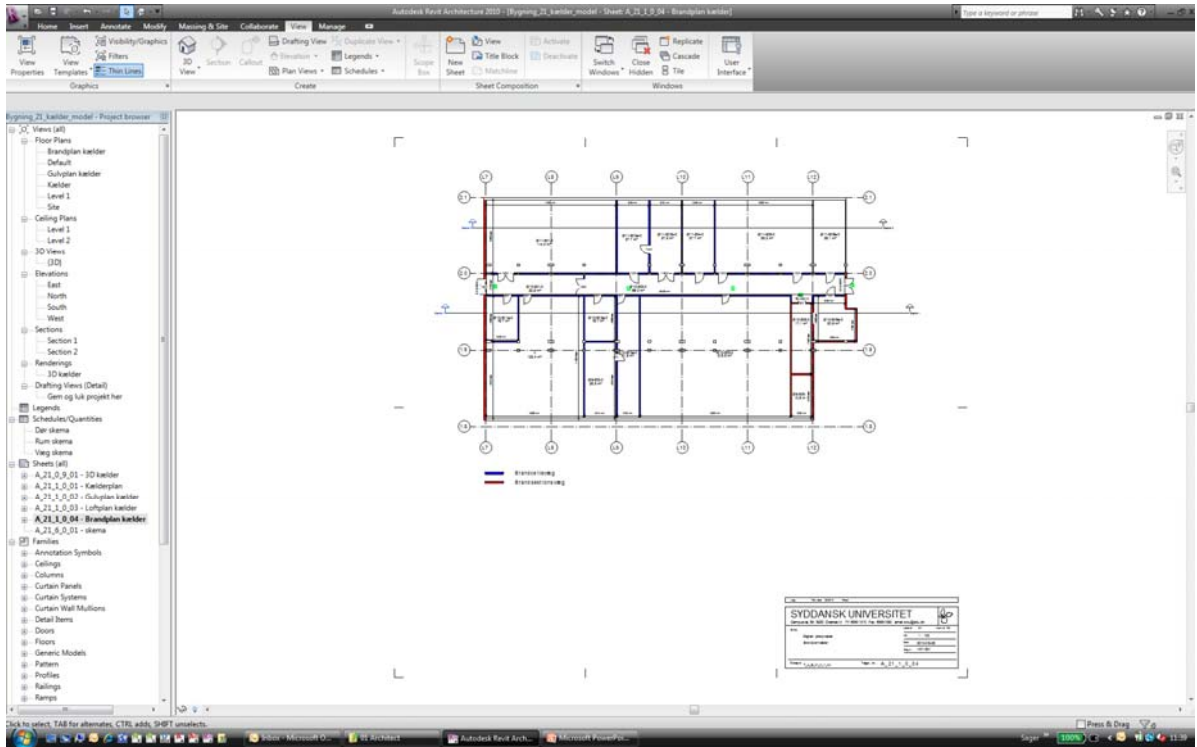
Eksempel på punktsky kombineret med ny teknisk installation

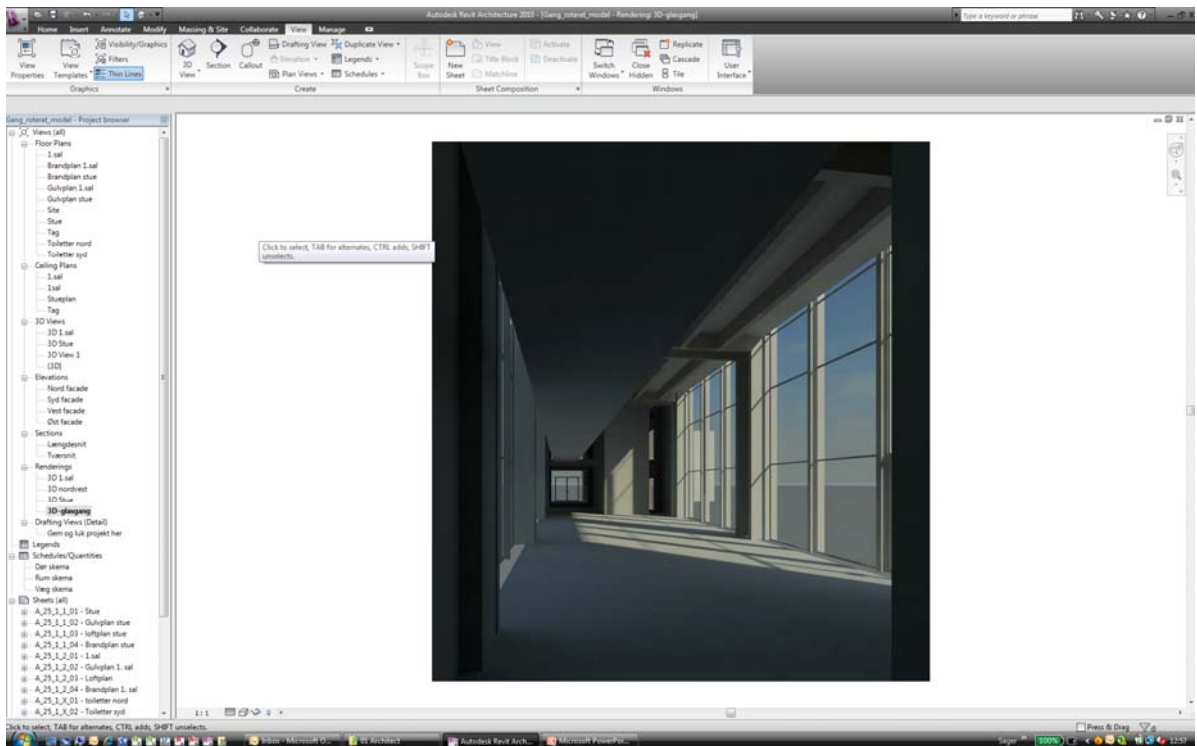
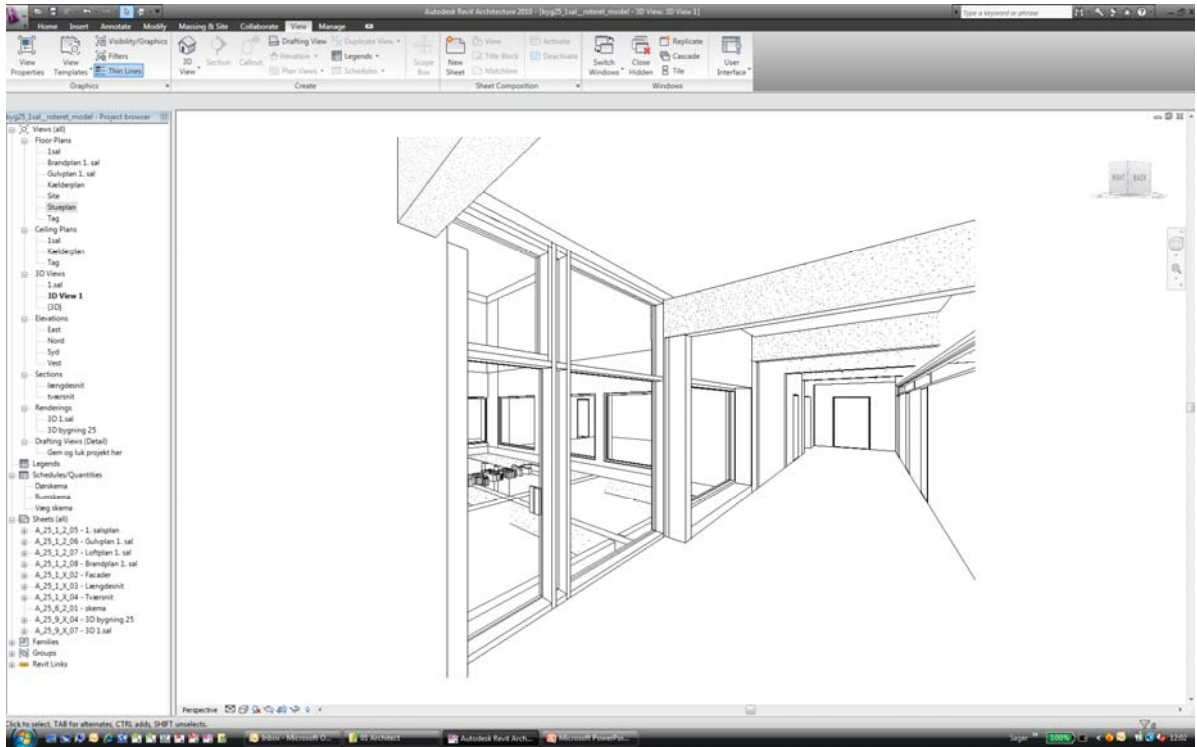


Screen dumps fra 3D modelleringen i Revit Architecture









BILAG 2
IKT-TEKNISK SPECIFIKATION FOR OPMÅLING OG
MODELLERING AF EKSISTERENDE BYGNINGER

IKT-teknisk specifikation for opmåling og modellering af eksisterende bygninger



Bilag til IKT ydelsesspecifikation, UBST, 13.08.2009 - Udkast

Byggesag: SDU – Opmåling af eks. bygninger
Projektledelse:

Dato: 15.06.2010
Revision:

Modtaget:

Underskrift

Dato

1. Orientering

IKT-teknisk specifikation for opmåling og modellering af eksisterende bygninger er gældende grundlag for ydelser vedrørende digitalisering af eksisterende forhold.

Denne specifikation er et tillæg til den projektspecifikke IKT-ydelsesspecifikation inkl. bilag baseret på bips publikation F102/202 og kan ikke anvendes uden denne.

Der findes forskellige metoder, som kan anvendes til at opmåle og 3D modellere eksisterende bygninger. Den umiddelbart simpleste metode til generering af 3D bygningsmodeller er ved på baggrund af det eksisterende tegningsgrundlag at skabe modellerne i et egnet CAD-værktøj, og udføre stikprøvevis opmåling og registrering af de eksisterende bygninger med totalstation.

For at opnå højere kvalitet i de digitale bygningsmodeller end ved modellering på baggrund af eksisterende materiale, kan der i stedet udføres en fuld opmåling med 3D laserscanning. Resultatet af en opmåling med 3D laserscanner er millioner af målepunkter i en punktsky. Punktskyen skabes ved at 3D scanneren på baggrund af en laserstråles refleksion automatisk indsamler 3D koordinater i et givent område - f.eks. et rum i bygning. Punktskyen kan udover anvendelsen til efterfølgende 3D modellering også visualiseres i en interaktiv viewer, hvor brugeren får oplevelsen af at navigere inde i punktskyen, som også indeholder en 3D fotoregistrering. Modellerne kan f.eks. streames over internettet, og via et simpelt interface kan brugeren bl.a. zoome, rotere samt udtrække mål og kommentere i modellen.

I nedenstående afsnit er anført bygherres krav til opmåling og 3D modellering af de eksisterende bygninger på ovennævnte projekt.

2. Klasser for opmåling og modellering af eksisterende bygninger

Afhængig af behov og ambitionsniveau for det enkelte projekt vælges en af nedenfor beskrevne klasser for opmåling og modellering af eksisterende bygninger.

	Særlige forhold:	Tilvalgt
Klasse for opmåling og modellering af eksisterende bygninger.		Teknikrum: Klasse 1 Øvrige: Klasse 2

De tre klasser indeholder en kombination af detaljeringsgrad og opmålingsmetode til digitalisering af eksisterende bygninger og er beskrevet herunder.

Klasse 1: "det ypperste" (top niveau):

Der udføres en 3D laserscanning af hele bygningen samt 3D modellering af hele bygningen inkl. installationer.

Der leveres:

- 3D laserscanning af hele bygningen
- Punktsky fra laserscanning i proprietær format
- 3D objektorienteret bygningsmodel til informationsniveau 4 iht. bips CAD-manual C102.
- 3D bygningsmodel leveres i IFC format og proprietær format



- Unøjagtigheder i bygningsdele på under ca. 0,5–1 % rettes ved 3D modelleringen op til teoretisk korrekt placering
- Konsistenskontrol mellem punktskyen fra 3D laserscanningen og den teoretiske model udføres for at sikre at overensstemmelsen mellem de to modeller indenfor tolerancen på 0,5-1 %
- Klassifikation af objekter i 3D model efter DBK
- Punktsky i server-baseret viewer-løsning
- Link mellem rum i 3D model og scanninger i punktsky-viewer

Klasse 2: "nice to have" (middel niveau):

3D laserscanning af hele bygningen samt 3D modellering af hele bygningen ekskl. installationer, men inkl. installationsskakte.

Der leveres:

- 3D laserscanning af hele bygningen
- Punktsky fra laserscanning i proprietær format
- 3D objektorienteret bygningsmodel til informationsniveau 3 iht. bips CAD-manual C102. Leveres i IFC format og proprietær format
- Unøjagtigheder i bygningsdele på under ca. 0,5–1 % rettes ved 3D modelleringen op til teoretisk korrekt placering
- Konsistenskontrol mellem punktskyen fra 3D laserscanningen og den teoretiske model udføres for at sikre at overensstemmelsen mellem de to modeller indenfor tolerancen på 0,5-1 %
- Punktsky i viewer-løsning
- Klassifikation af objekter i 3D model efter DBK

Klasse 3: "need to have" (minimum niveau):

3D model ekskl. installationer opbygget på baggrund af eksisterende tegninger og stikprøvevis kontrolopmåling af 5 % af de modellerede bygningsdele med totalstation.

Der leveres:

- 3D objektorienteret bygningsmodel til informationsniveau 2 bips CAD-manual C102. 3D bygningsmodel leveres i IFC format og proprietær format.
- Klassifikation af objekter i 3D model efter DBK

Supplerende tegningsopretning, visualisering og mængdeudtræk:

På baggrund af 3D bygningsmodeller udarbejdes for alle klasser:

- Bygningsplaner (inkl. f.eks. toiletter + håndvaske)
- Gulvplaner med angivelse af gulvtyper (på baggrund af fotoregistrering).
- Loftplaner
- Brandplaner
- Snittegninger
- Udsnitstegninger af udvalgte rum
- Facadetegninger
- Isometriske visninger sat op på tegninger såsom en oversigtstegning samt en isometrisk visning for hver etage
- Relevante mængdelister (efter DBK), såsom dør- og vindueslister
- Rumskemaer med arealer og koter for OK gulv, UK dæk/loft, UK bjælkelag o.lign.
- Simple renderinger

Særlige forhold:

Punktøjagtighed i 3D laserscanning

	10.000 scannelinjer på 360° svarende til en gridstørrelse på ca. 6 mm på 10 meters afstand fra laserscanner til objekt.
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. Fysisk opmåling

Den fysiske opmåling skal udføres efter aftale med den bygningsansvarlige. Den bygningsansvarlige skal varsles minimum en uge inden opmålingen.

Opmålingen skal foregå, så den er til mindst mulig gene for brugerne i bygningen.

3.1 Omfang af fysisk opmåling

Den fysiske opmåling skal omfatte alle etager i det angivne område. Endvidere skal det omfatte fysisk opmåling både indvendigt og udvendigt.

Der skal afleveres 3D modeller af bygningen.

Den fysiske opmåling skal foruden bygningsdelene anført ovenfor i de respektive informationsniveauer også omfatte alle føringsveje og installationsskakte i området. Der skal foretages en opmåling indvendigt samt udvendigt og tykkelsen på vægge skal kunne bestemmes.

3.2 Nøjagtighed

Opmålingerne foretaget med totalstation og laserscanner udføres med en høj absolut nøjagtighed af de indmålte punkter og en maksimal middelfejl på 2-3 mm.

3.3. Aflevering og formater

For opmåling i klasse 1 og 2 leveres punktskyen på XXX server i YYY format.

3D modeller og tegninger afleveres i bygherres projektweb-løsning.

3D modeller og punktskyer leveres i nedenstående koordinatsystem og højdesystem:

	Særlige forhold:	Tilvalgt
Landskoordinater (UTM/EU ref. 89)		X
Lokalt koordinatsystem		
Højdesystem efter DVR 90		X

Filformater er i øvrigt iht. projektets IKT-teknisk CAD specifikation.