

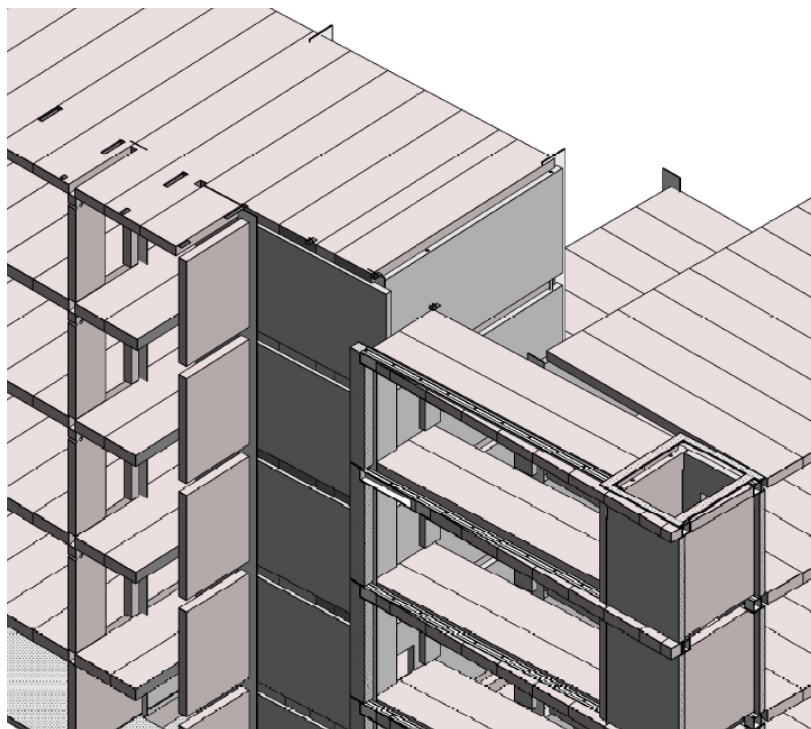
Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri

Et forskningsprojekt finansieret af Klima-, Energi- og Bygningsministeriet

Case04:

BIM hos større entreprenør

Casebeskrivelse



DTU Byg Rapport SR 12-05

Forfattere:

ØG-DDB projektgruppen består af:

Flemming Vestergaard, DTU Byg

Jan Karlshøj, DTU Byg

Peter Hauch, Arkidata

Jan Lambrecht, TI og DS

Jan Mouritsen, CBS, Department of Operations Management

DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet



DTU Byg
Institut for Byggeri og Anlæg

Bygningsstyrelsen



BYGNINGSSTYRELSEN
Klima-, Energi- og Bygningsministeriet

Indholdsfortegnelse:

Sammenfatning	3
Caseudvælgelsen og dataindsamling	5
Beskrivelse af byggeprojektet	6
IKT-koncept-beskrivelse	8
IKT-konceptets potentialer.....	11
Initiativet til IKT-konceptet	12
Casestudiets parter.....	13
BIM karakteristika for casen.....	14
Omkostninger.....	17
Hovedproces 1: Projektering med brug af fagmodeller for rådgiverne	20
Hovedproces 2: Udbud/tilbud og produktionsforberedelse.....	26
Hovedproces 3: Udførelse på byggeplads	30
Opsummering af effektmålingen	34
Barrierer og forudsætninger for implementering	40
Konklusion	43

Tilgængeligt materiale:

4 casebeskrivelser:

Case01 BIM hos mindre arkitekturrådgiver

Case02 BIM hos større ingeniørrådgiver

Case03 BIM hos driftsherre og byg- og driftsherrerådgiver

Case04 BIM hos større entreprenør

Metodemanualen ØG-MM

Dette er metodegrundlaget. Det består af en **Casestudiedrejebog**, der beskriver processen samt værktøjerne, **Effektvurderingsskema**, i form af et regneark med tematiske faneblade.

ØG-DDB Projekt rapport

Her kan man læse om baggrunden for casestudierne, de væsentlige indikatorer og en generel opsamling af resultaterne fra casestudierne.

Forsideillustration: Konstruktionsfagmodel udført af MT Højgaard på PFA projekt.

Casebeskrivelse af case 04

BIM hos større entreprenør



Fig 1: Illustrationen viser KPMG bygningen med indgangspartiet. Billedet er genereret fra arkitektens bygningsmodel i en tidlig fase af byggeriet. Kilde: KPMG's website.

Sammenfatning

Casestudiets formål er at beskrive og måle en større entreprenørvirksomheds omkostninger og gevinster ved at anvende metoder og værktøjer, der er modelbaserede. Case 04 tager udgangspunkt i et konkret byggeprojekt, hvor BIM teknologien er anvendt på et for den danske entreprenørbranche relativt højt niveau.

Casen udnytter kun visse gevinstpotentialer, men der bliver refereret til andre af entreprenørvirksomhedens efterfølgende byggeprojekter, der repræsenterer eksempler på en udnyttelse af flere af disse potentialer.

Det konkrete byggeprojekt er hovedsædet for revisionsfirmaet KPMG, som er på 7 etager og 33.400 m² plus 1.300 m² butikker i gadeplan samt 22.000 m² kælder til en samlet værdi af ca. 1 mia. kr.

IKT-konceptet

MT Højgaard er totalentreprenør på projektet i en form for partnering mellem bygherre, entreprenør og arkitekt, hvor MTH varetager totalrådgivningen med 3xn som arkitekturrådgiver. Projektet er kørt med 'åben bog' mellem totalrådgiveren og bygherren. MTH har stået for de fleste rådgivningsfunktioner og de fleste entrepriser.

Arkitekten arbejder med en digital bygningsmodel som planlægnings- og koordineringsværktøj. Ingeniørrådgiveren, MTH, besluttede at arbejde med samme modelleringsværktøj som arkitekten på konstruktionsdelen for at udnytte muligheden for en større koordinering af projektdata mellem de to parter.

Da det var første projekt, hvor ingeniørrådgiveren anvendte dette modelleringsværktøj, traf man beslutning om at sætte et lavere ambitionsniveau og kun at præstere et rådgiverprodukt svarende til, hvad

der traditionelt leveres - herunder 2D-tegningsdokumentation. Koordineringen internt mellem ingeniørdisciplinerne blev følgelig udført dokumentbaseret.

Ingeniørrådgiveren anvendte primært konstruktionsfagmodellen til tegningsgenerering, men benyttede den også som grundlag for at fremstille animationer, der blev anvendt til markedsføring. Fagmodeller blev ikke anvendt ved udbud og ikke ved udførelsen i denne case. Der er således en række potentialer, der knytter sig til BIM/3D arbejdsmetode anvendt i hele værdikæden, som ikke er realiseret eller som ikke er underkastet måling i denne case.

De BIM hovedaktiviteter der er godt repræsenteret er tegningsgenerering og visualisering. Ved senere projekter har man udvidet 3D arbejdsfeltet, og man arbejder nu modelbaseret indenfor områderne dataudtræk til styklistegenerering, konsistenskontrol samt simulering, koordinering via fællesmodel, og informationsudveksling via modeller.

Hos arkitekten er der foregået en tilsvarende udvikling, hvor man bl.a. anvender modellen til dagslyssimulering.

Omkostninger

Omkostningerne hos MTH for implementering af IKT-konceptet i projekteringsperioden er samlet opgjort til indkøb, support og drift på: $200.000 + 200.000 + 120.000 = 520.000$ kr. Denne omkostning kan betragtes som en investering, der nyttiggøres i efterfølgende projekter. Hvis vi konservativt fordeler omkostningerne over 3 projekter, giver det en omkostning pr. projekt på 173.000 kr. Omkostninger til implementeringen af en 3D arbejdsmetode er opgjort til ca. 1. mio. kr. Denne omkostning kan igen betragtes som en investering. Fordelt over 3 projekter giver det en omkostning pr. projekt på 333.333 kr.

Gevinstområder

De direkte effekter af implementeringen af 3D modelbaseret arbejdsmetode hos et stort antal medarbejdere i MTHs projekteringsafdeling kan opgøres til en andel af 500.000 kr. som er den samlede direkte gevinst for MTH.

Hertil kommer en andel af 500.000 kr. til etablering af et digitalt komponentbibliotek for bygningsdele, der indgår i digitale bygningsmodeller, samt et generelt kompetenceløft af samme værdi. Komponentbiblioteket er senere nyttiggjort i forbindelse med tilbudsgivning i andre projekter.

Gevinst ved at producere tegningsmateriale på et meget højt niveau. Tegningerne vurderes som bedre koordinerede end tidligere grundet 3D arbejdsmetoden.

Tidsbesparelse ved tegningsfremstilling ved hjælp af 3D arbejdsmetode på 10 % efter 2. gennemløb.

Introduktionen af den ny modelbaserede arbejdsmetode gav som effekt et merforbrug af tid på 20 % ved første gennemløb i denne case. Ved andet gennemløb blev tidsforbruget vurderet som det samme som ved den tidligere, dokumentbaserede arbejdsmetode. De efterfølgende gennemløb er vurderet til at give en besparelse i tid på 10 %. En 10 % besparelse på et projekt af case 04's størrelse svarer til kr. 500.000. Når afskrivning af de oprindelige implementeringsomkostninger medtages giver det en gevinst på kr. 300.000 efter 2. gennemløb.

Entreprenøren har altså for en meget beskedne omkostning fået implementeret en 3D baseret arbejdsmetode i en af sine kerneprocesser, tegningsproduktionen, endda uden at have udnyttet en flæthed af de mulige potentialer.

Dertil kommer en række indirekte og afledte effekter, ligesom man må formode, ved sammenligning med effekterne i andre cases, at der ligger et stort, endnu ikke udnyttet potentiale.

De fleste gevinster ligger på virksomhedsniveau, der er dog på projektniveau registreret en stor gevinst. Ved at udføre en konsistenskontrol mellem to parters fagmodeller blev flere grove fejl opdaget og rettet

før produktion. Det sparede projektet for en stor meromkostning ved udbedring. Gevinsten er på projektniveau, da den skyldes det modelbaserede samarbejde mellem parterne.

Konklusion

Hovedkonklusionen for case 04 er, at det er muligt for en relativ beskedent omkostning at implementere en 3D arbejds metode for en begrænset del af aktiviteterne i en større entreprenørvirksomhed. IKT-konceptet kan betragtes som et første trin i virksomheden hen imod en mere integreret 3D arbejds metode.

Casens IKT-koncept, som ligger på et beskedent ambitionsniveau grundet dets funktion som test- og pilotprojekt, viser også, at selv dette mindre, første skridt i en udvikling, kan tjene sig hjem igen, i det mindste efter bare to yderligere genanvendelser af det samme koncept.

Trinvis implementering kan have sine fordele, men på den anden side vil et så snævert defineret IKT-koncept også betyde, at man kun udløser få af de gevinstpotentialer, der ligger i en bredere implementeret 3D arbejds metode (BIM), der rækker på tværs af processerne i egen virksomhed og er integreret med processerne hos samarbejdspartnerne.

Caseudvælgelsen og dataindsamling

ØG-DDB projektgruppen har foretaget en værdianalyse af hvilke IKT-koncepter (processer, aktører og metoder/standarder) har den største nytteværdi for byggesektoren. Dette er dokumenteret i 'ØG-MM, Værdianalyse'. Her er der fokus på de 3 niveauer:

- den enkelte virksomhed,
- det enkelte projekt og
- sektoren som helhed.

Værdianalyse

Analysen tager udgangspunkt i hele byggeriets værdikæde, og der udpeges processer, hvor på den ene side digitaliseringen af processer vurderes at give store effekter, og hvor på den anden side nytteværdien er størst for målgruppen. Input til analysen er projektgruppens teoretiske og praktiske viden om digitaliseringens påvirkning af byggeprocesserne suppleret med dansk og international litteratur om emnet samt kendskab til aktuelle projekter og danske virksomheder, der ligger i front inden for digitaliseringen af deres processer.

De større entreprenørvirksomheder er interessante, da analyser af generel BIM anvendelse og specielt 3D arbejds metoden og bygherrekravene fra Det Digitale Byggeri peger på, at der er store gevinster at hente i projekterings- og udførelsesfasen for et fuldt udbygget BIM koncept. Opbygningen af fagmodeller, som ligger i projekteringsfasen, er en ressourcekrævende aktivitet. Når modellerne er udviklet er det genanvendelsen af modeldata, der giver de største gevinster med et minimum af merarbejde. Udførelsesfasen udnytter, så at sige, den viden og de informationer, som er genereret i den forudgående fase med et mindre supplement af egne, specialiserede informationer. Gevinstmulighederne optimeres i det omfang bygningsmodellerne fra projekteringsfasen er målrettet mod anvendelsen i udførelsesfasen. Dette er ofte langt fra tilfældet, dels fordi aktørerne i projekteringsfasen ikke altid besidder den nødvendige viden om produktionen, og dels fordi de projekterende er lokaliseret i selvstændige virksomheder specialiseret mod deres snævre fagområder, arkitektur, konstruktion, energi osv., og ikke repræsenterer specialiseret viden om udførelse, bygbarhed, montage, logistik osv.

I denne case indgår en større entreprenør, som repræsenterer en virksomhedstype, der rummer både projekteringsfasen, ingeniørrådgivningen, og udførelsen, entreprenørdelen. Virksomhedstypen kan

således tilbyde en totalrådgivning for projektering og udførelse for en bygherre. Dette vil kunne sikre, at projekteringsmaterialet er fyldestgørende og målrettet mod udførelsen på byggepladsen, da begge funktioner er indeholdt i samme virksomhed. Specielt i en BIM sammenhæng er det interessant af følge dette spor og se om de fagmodeller, entreprenørvirksomheden udvikler i projekteringsfasen er mere målrettet mod udførelsen, hvorved de vil kunne skabe større rationaliseringsgevinster i produktionsfasen.

MT Højgaard har været aktive under Det Digitale Byggeri, og har leveret mandskab til en række projekter under dette indsatsområde. De har været aktive for at udbrede IKT standarder i byggesektoren gennem deres aktiviteter i Foreningen bips. Bidrag til standardiseringsudviklingen indenfor IKT i Danmark og dermed bidrag til at løfte det fælles vidensniveau har været formaliseret i sammenslutningen Digital Konvergens (DIKON), som er et samarbejde mellem 6 af de største ingeniørrådgivere og entreprenørvirksomheder. Formålet med sammenslutningen er, at finde værdi i anvendelsen af IKT i byggeprocesserne og i fællesskab at indføre og udbrede fælles IKT-standarder for hele byggebranchen og dermed løfte digitaliseringsniveauet i den danske byggesektor generelt. MT Højgaard har været en aktiv part i dette samarbejde.

De har løbende indarbejdet bips's CAD standarder i deres arbejdsmetode, der har været dokumentorienteret, men været afventende i forhold til implementering af BIM og BIM relaterede standarder og værktøjer i deres organisation. De har således først anskaffet sig 3D modelleringssoftware sent for i 2008 at gå fra Autodesk's ADT til det databaseorienterede Revit, hvor de anskaffer sig applikationerne Architecture, Structure og MEP og herfra indarbejder dele af den 3D arbejdsmetode, som blev introduceret med Det Digitale Byggeri. Denne case, 04 KPMG, er således det første projekt, hvor de har anvendt Revit til modelleringsarbejdet i projekteringsfasen. Senere har MTH taget ledelsesbeslutninger om at implementere BIM hvor det er muligt i alle virksomhedens faglige processer og har sat et større udviklingsarbejde i gang internt i virksomheden. Senest har de etableret forskning på området gennem to erhvervs Phd'ere i samarbejde med DTU Byg og DTU Management.

Casen har nytteværdi, da den beskriver en større entreprenørvirksomheds erfaringer med at introducere en BIM baseret arbejdsmetode i sin faglige praksis. Arbejdsmetoder der vil gøre den i stand til at indgå i et tværfagligt modelsamarbejde efter de retningslinjer, der er beskrevet i Det Digitale Byggeris bygherrekraav. Casen har værdi på virksomhedsniveau, da der i den danske byggesektor er en lang række virksomheder, der står afventende overfor de store udfordringer, der ligger i at gå fra en dokumentbaseret arbejdsmetode til en modelbaseret. Hvor stort er springet, hvad er omkostningerne, hvilke kraav er der til kompetencer osv. Casen har værdi på projektniveau, da den repræsenterer samarbejdsrelationer i et projekt, der ligger mellem totallentreprise og partnering, og hvor den ledende part, MT Højgaard, har besluttet sig for at arbejde 3D modelbaseret.

Casen har værdi på sektorniveau, da resultaterne fra casen forventes at kunne anvendes både af de andre typer af parter, der indgår i et byggeprojekt, samt af alle entreprenørvirksomheder, her også små og mellemstore virksomheder

Beskrivelse af byggeprojektet

Casestudiets formål er at identificere og beskrive en større entreprenørvirksomheds gevinster ved at anvende metoder og værktøjer, der er BIM orienterede og rettet mod at opfylde Det Digitale Byggeris bygherrekraav. Der tages udgangspunkt i et konkret byggeprojekt, hvor BIM teknologien er anvendt i et for den danske entreprenørbranche på starttidspunktet højt niveau. Hvor BIM gevinstpotentialer ikke er

udnyttet kan der blive refereret til andre byggeprojekter, der repræsenterer disse gevinstpotentialer. Se endvidere afsnittene 'Potentielle effekter' under hovedprocesserne.



Fig 2: KPMG domicilet set fra luften. Kilde: KPMG's website. Foto: Dragør Luftfoto ApS

Det konkrete byggeprojekt er et nyt hovedsæde for revisionsfirmaet KPMG. Projektet har følgende data:

Formål og program for projektet: Byggeprojektet er et resultat af ønsket om at samle den danske afdeling af KPMG under ét tag. Der var endvidere et ønske om skabe et arkitektonisk ekspressivt domicil, der understøtter virksomhedens krav til samarbejde, videndeling, bæredygtighed og aktiviteter som f.eks. konferencer, undervisning og seminarer. Der har i arbejdet med domicilet været fokus på et lavt energiforbrug og skrappe krav til miljøbelastningen understøtter bygningen desuden KPMG's CSR-mål om reduceret CO₂-udledning. Bygningen er optaget i European Green Building Programme, hvis mål er at forbedre erhvervsbygningers energieffektivitet.

Byggeorganisation/samarbejdsform: MT Højgaard er totalentreprenør på projektet i en form for partnering mellem bygherre, entreprenør og arkitekt, hvor MTH overtog totalrådgivningen. COWI var den oprindelig bygherrerådgiver, og 3xn fortsatte som arkitekturrådgiver. Projektet er kørt med 'åben bog' mellem totalrådgiveren og bygherren. MTH har stået for de fleste rådgivningsfunktioner og de fleste entrepriser.

Projektperiode: Planlægning: 2008-midt 2009. Udførelse: midt 2009-2011. I drift: november 2011.

Lokalisering: Danmark, Frederiksberg, Osvald Helmuths vej. Gangafstand fra Flintholm Station.

Bygningstype: Hovedsæde for større revisionsfirma, kontorbyggeri med conferencefaciliteter.

Bygningstørrelse: 33.400 m² plus 1.300 m² butikker i gadeplan samt 22.000 m² kælder (550 parkeringspladser i de to nederste etager). Etageantal med parkering: 7 etager. Facadeareal: 10.000 m². Glas-tag/overdækning: 3.500 m.

Arbejdspladser: 1.700.

Bygherre: KPMG Statsautoriseret Revisionspartnerselskab.

Totalrådgiver: MT Højgaard A/S.

Arkitekt: 3xn.

Ingeniørrådgivning: MTH stod for alle ingeniørdisciplinerne på byggeriet, blandt andet konstruktioner, kloak, el- og vvs-installationer samt miljø- og geotekniske undersøgelser.

Udførelse: MTH stod for el og vvs entreprisen.

Samlet byggesum: Samlet for projektering og udførelse med byggelånsrenter: ca. 1 mia. kr.

Gennemsnitlig m² pris: For effektivt brugsareal: ca. 25.000 kr.

ØG-DDB interne informationer: Kontaktpersoner i involverede virksomheder:

Case ressourcepersoner ved MT Højgaard: **MTH ledelse:** Lars Fuhr Pedersen, sektionsdirektør. **MTH projektering:** Niels Kjeldgaard, designdirektør, Tommy Kristensen, bygningskonstruktør, René Øksengaard, designingeniør/civilingeniør, Lennart Lyngø Larsen, projektingeniør, MTH Design & Engineering. **MTH udførelse:** Frank Schmidt, projekteringschef, Rasmus Hyldekvist Jensen, projektchef, MTH.

På ØG-DDB projektwebben ligger der referater fra møderne med ovenstående ressourcepersoner.

Arkitekt 3xn: Kontaktperson i virksomheden: Jeanette Hansen, arkitekt, project manager.

Leverandører (udvalgte):

Ventilationsentreprisen: Airteam, arbejder med 3D modeller i projekteringen.

Stålentreprisen: CSK Stålintrodukt, arbejder med 3D modeller i projekteringen.

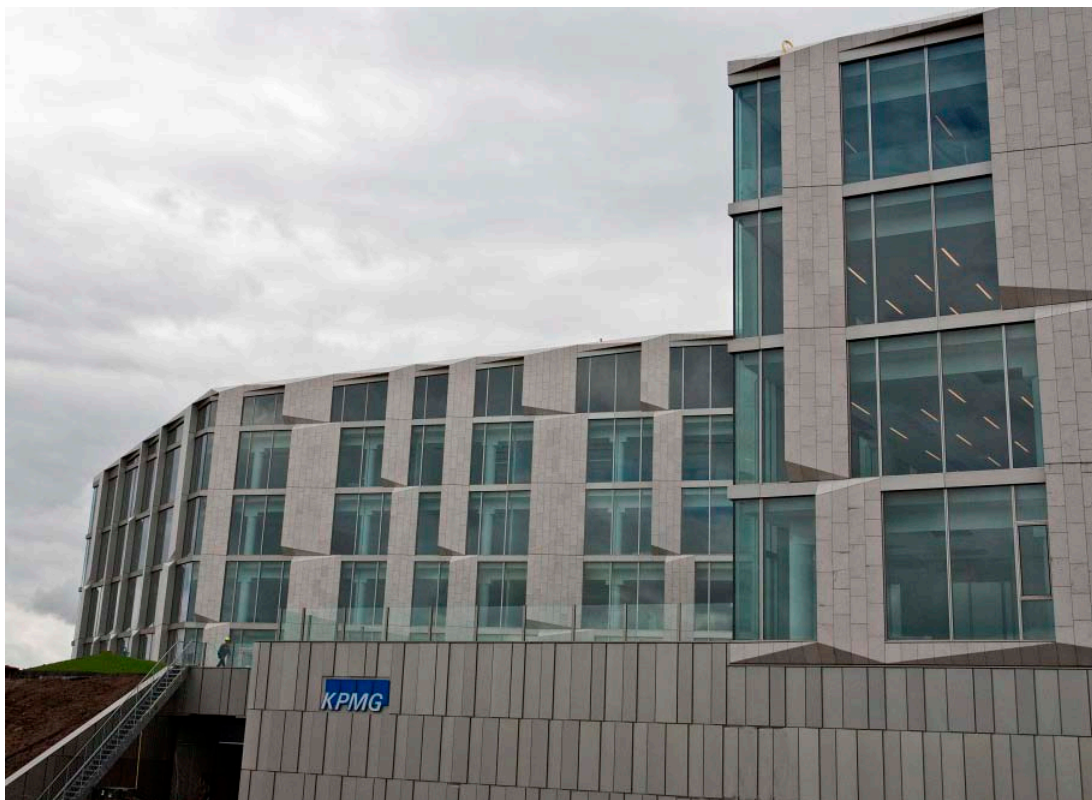


Fig 3: Foto visende facadeudformning under udførelsen. Kilde: HSHansen website.

IKT-koncept-beskrivelse

Casen repræsenterer et fuldt faseforløb for et byggeprojekt fra projektering over udførelse til aflevering. I designfasen arbejdede arkitekten efter en indledende skitseproces med en digital bygningsmodel som planlægnings- og koordineringsværktøj. Entreprenør/ingeniørrådgiveren besluttede at arbejde med samme modelleringsværktøj som arkitekten på konstruktionsdelen med henblik på muligheden for en større koordinering af projektdata mellem de to parter. Da det var første projekt, hvor ingeniørrådgiveren anvendte dette modelleringsværktøj, traf man beslutning om at sætte et lavere ambitionsniveau og kun at præstere et rådgiverprodukt svarende til, hvad der traditionelt leveres. Denne beslutning var også styret af manglende efterspørgsel fra parterne på byggepladsen om at arbejde modelbaseret. Der blev således sat fokus på at præstere et tegningsmateriale på et højt kvalitetsniveau, som anvendelsen under udførelsen kræver. Koordineringen mellem arkitekten og de rådgivende ingeniører blev udført dokumentbaseret og ikke modelbaseret. Koordineringen internt mellem ingeniørdisciplinerne blev lige-

ledes udført dokumentbaset, hvor kun konstruktionsdelen blev udført digitalt i 3D som fagmodel, mens el og vvs projekteringen blev udført traditionelt med 2D tegninger.

Arkitekten anvendte bygningsmodellen, udover til tegningsgenerering, også til kommunikation til bygherren og til de andre parter. Ingeniørrådgiveren anvendte konstruktionsfagmodellen, udover til tegningsgenerering, til at fremstille animationer, der blev anvendt til markedsføring.

Modeldata blev ikke anvendt ved udbud og ikke ved udførelsen i denne case. Traditionelle udbud var ikke aktuelle, da de fleste entrepriser blev udført 'in house'. Ved udførelsen blev modelrepræsentationen ikke anvendt, da folkene op byggepladsen ikke havde modelkompetenser eller BIM erfaring og efterspurgte tegninger på papir (traditional dokumentbaseret arbejds metode). Afleveringen til bygherren er også traditionel i denne case, da bygherren ikke pt. ønsker at anvende modeldata.

Projekteringen startede i 2008. Det var første gennemløb for konstruktionsrådgiverne af en 3D arbejds metode med anvendelse af et databasebaseret modelleringsværktøj. Det blev i dette første gennemløb lagt fokus på tegningsfremstillingen og ikke så meget på mulighederne for genbrug af modeldata i de efterfølgende processer. Casen repræsenterer således kun en delmængde af et udfoldet IKT-koncept. Casen har begrænsninger i faseforløbet og i aktiviteterne. Initiativet for implementering af arbejds metoden er bakket op af ledelsen med henblik på implementering af et helt udfoldet IKT koncept. Ved senere projekter er man gået længere i retning mod at anvende BIM mere integreret med hensyn til at udnytte fagmodellerne til udvidede funktioner som styklistegenerering, koordinering på tværs af fag, konsistenskontrol m.m. Det har ved disse senere projekter vist sig rationaliseringsgevinster i det omfang bygningsmodellerne er blevet genanvendt. I det omfang, det har været muligt, er erfaringer fra disse senere cases taget med i beskrivelsen af det aktuelle IKT-koncept for at kunne give et mere retvisende billede af det fulde iKT-koncept. Således vil visse rationaliseringsgevinster blive beskrevet som potentialer for casen, hvoraf nogle vil være indfriet i senere projekter.

Sammenfattende er følgende faser/hovedprocesser involveret i IKT-konceptet i denne case:

- A. **Design**
- B. **Projektering**
- C. Udbud/tilbud (ikke aktuel, men potentiel)
- D. **Produktionsforberedelse** (er indeholdt i B. Projektering, da ingeniørrådgivning og udførelse foregår i samme virksomhed).
- E. **Udførelse** (potentiel)
- F. Aflevering (potentiel)
- G. Drift (potentiel)

IKT-konceptet er ikke direkte underlagt Det Digitale Byggeri's bygherrekrav, der pr. 01.03.2011 er erstattet af 'Bekendtgørelse om krav til anvendelse af Informations- og Kommunikationsteknologi i byggeri' (bekendtgørelse 1381), da projektet har en privat bygherre. Totalrådgiveren har med projektet ønsket at indarbejde en 3D arbejds metode svarende til de Det Digitale Byggeris bygherrekrav i sine processer, primært i projekteringsfasen. Det udvidede modelsamarbejde mellem alle rådgivere blev imidlertid ikke implementeret, hvorfor alle delkrav i forb.m. anvendelse af digitale bygningsmodeller i 3D (krav nr. 3) ikke er opfyldt i konceptets nuværende form. Det vurderes, at totalrådgiveren i senere projekter, hvor konceptet er rullet bredere ud, vil kunne opfylde disse krav. Kravene vedr. projekweb er demonstreret opfyldt ved anvendelsen af projekweb i casen. Kravene vedr. digitalt udbud (krav nr. 4) er ikke demonstreret opfyldt med hensyn til platform og indhold. Igen vurderes det, at totalrådgiveren i senere projekter, hvor konceptet er rullet bredere ud, vil kunne opfylde kravene, da forudsætningerne er til stede gennem de digitale arkitekt- og konstruktionsfagmodeller. Kravene vedr. digital aflevering (krav nr. 5) er

opfyldt gennem indatering i bygherrens FM-system (afleveringsmetode I). Kravene vedr. DBK er ikke opfyldt, men vil kunne opfyldes i det øjeblik DBK er færdigudviklet og implementeret i software.

IKT-konceptet i sin fuldt udfoldede form går ud på at erstatte anvendelsen af 2D tegninger i projekteringsfasen med digitale 3D bygningsmodeller, som så er omdrejningspunktet for de hovedaktiviteter, der foregår i design- og projekteringsfasen samt de efterfølgende faser, herunder anvendelse af bygningsmodellen til en række aktiviteter i udførelsesfasen og i driftsfasen. Den konkrete case repræsenterer overvejende anvendelse af 3D bygningsmodeller i projekteringsfasen. For at kunne beskrive de muligheder, der ligger udenfor denne fase medtages i et vist omfang andre byggeprojekter, hvor nogle af potentialerne er udnyttet.

1. Oprettelse af byggesag på projektweb og administrere projektweb i hele projekteringsforløbet.
2. Projektledelse og koordinering af projektbeslutninger strukturelt og byggeteknisk med arkitekt-rådgiver på infoniveau 3 og 4. Udarbejdelse af fagmodeller og fællesmodeller.
3. Modelkoordinering med andre parter i projektet og konsistenskontrol (udveksling proprietært med anden part og via IFC formatet). Af andre parter var arkitekt, indretningsarkitekt, landskabsarkitekt samt fagentreprenører, der indgik i projekteringen på informationsniveauer fra 0 til 4.
4. Projektering af konstruktionen, stål, beton, fundering, informationsniveau 3 og 4.
5. Projektering af installationer, vand, varme, ventilation, sanitet og el, informationsniveau 3 og 4
6. Simulering af bygningstekniske egenskaber for energiforbrug, eksempelvis indeklima, lysforhold, akustik, brand, bæredygtighed, informationsniveau 3 og 4.
7. Kommunikation til andre parter gennem visualiseringer af modellen.
8. Generering af tegningsmateriale på et højt kvalitativt niveau (produktionsforberedelse) direkte fra bygningsmodellen med en mindre omfattende efterbehandling.
9. Gennemførelse af digitalt udbud med anvendelse af modeldata.
10. Kontrol og kommunikation af løsninger under udførelsen ved hjælp af bygningsmodellen.
11. Opdatere bygningsmodellen 'as built' på informationsniveau 4 niveau (opdateret til 6).
12. Aflevering af 'as built' dokumentation i form af tegninger (planer, snit og opstalter) samt bygningsmodellen (informationsniveau 4 opdateret til 6).

IKT-konceptet ligger inden for de relevante nationale guidelines og standarder, der er udviklet i forbindelse med DDB og Foreningen bips's publikationer. Primært '3D arbejdsmetode 2006', 'CAD-manual 2005-08', 'IT/CAD-projektaftale 2005', 'Objektstruktur 2009', 'Tegningsstandarder 2007' samt Foreningen bips's byggesagsbeskrivelse og beskrivelsesstruktur.

Modelleringssoftware:

Modelleringsværktøjet for arkitekt fagmodellerne: Revit Architecture. Modelleringsværktøjet for entreprenørens konstruktionsfagmodeller: Revit Structure til stål og beton. Har set på Tekla til stålkonstruktioner. Funktionelt vurderes det positivt, men det vurderer til at være for dyrt i forhold til Revit (en faktor 10). For VVS: AutoCAD MEP (2D). For el: AutoCAD MEP (2D). For ventilation: MagiCAD.

Tegningsgenerering for arkitekten: Revit Architecture og AutoCAD. Tegningsgenerering for konstruktioner: Revit Structure og AutoCAD. Tegningsfremstilling for el og vvs: AutoCAD MEP. Ved installationstegninger blev der imidlertid Revit tegninger af opstalter og påført installationer.

Konsistenskontrol- og koordineringssoftware:

Der blev ikke udført koordinering mellem fagmodeller på modelniveau. Til internt konsistentstjek blev anvendt Navisworks fra Autodesk.

Simulerings- og beregningssoftware:

Der blev ikke foretaget simuleringer ved udveksling mellem fagmodeller og simuleringstværværktøj. Til statiske beregninger blev der i et mindre omfang anvendt Strusofts FEMDesign. Helt overvejende blev beregningerne udført med anvendelse af et selvudviklet setup af regneark, hvor alle data indtastes manuelt. Der blev ikke anvendt dataudtræk fra modellerne til beregning af last, egenvægt o.l.

Modeludveksling:

Der blev ikke udvekslet fagmodeller, hverken mellem rådgiverne eller mellem rådgiverne og entreprenørerne.

IKT-konceptets potentialer

ØG-DDB projektgruppen har indledningsvis foretaget en analyse over de potentialer, som casens IKT-koncept indeholder. Der er taget udgangspunkt i en bruttoliste, som projektgruppen har udviklet i forb.m. det samlede projekt. Denne bruttoliste er anvendt overfor den konkrete case, hvor de aftalte ydelser mellem bygherren og bygherrerådgiveren indgår. Analysens resultat er således en nettoliste, der udpeger de nøgleprocesser hvori det forventes at der realiseres gevinster, som følge af anvendelsen af IKT-konceptet. Der er således en række potentialer, der knytter sig til en 3D arbejds metode anvendt i hele værdikæden, som ikke er realiseret eller som ikke er underkastet måling i denne case.

Programfasen:

- Afklaring af programmet for byggeprojektet ved hjælp af bygningsmodel, informationsniveau 0. Direkte effekt, kvalitativ. Målgruppe: Bygherre og arkitekt.
- Kommunikation mellem bygherre og arkitekt. Direkte effekt, kvalitativ. Målgruppe: arkitekt og bygherre.
- Etablering af udvekslingsplatform, projektweb. Direkte effekt, kvantitativ. Målgruppe: alle projektparter.

Designfasen:

- Projektudvikling og lokal koordinering via 3D objektbaseret bygningsmodel. Direkte effekt, kvalitativ. Målgruppe: arkitekten og hovedrådgiver.
- Koordinering med de andre projektparter via 3D objektbaseret model. Direkte og indirekte effekter, kvantitativ. Målgruppe: arkitekt og andre rådgiverpartnere.
- Kommunikation med bygherre via 3D objektbaseret model gennem visualiseringer af model. Direkte effekt, kvalitativ. Målgruppe: rådgiverne og bygherre.
- Simulering af energiforbrug og omkostninger til anlæg og drift. Direkte effekter, kvantitativ. Målgruppe: rådgiverne og bygherren.

Projektering:

- Myndighedsbehandling med brug af 3D objektbaseret bygningsmodel. Direkte og indirekte effekter, kvantitativ. Målgruppe: rådgiverne og myndigheder.
- Koordinering af projektinformationer, konsistenskontrol via bygningsmodel. Direkte effekt, kvantitativ. Målgruppe: arkitekt og andre rådgiver partnere. Afledt effekt: entreprenørerne.
- Udarbejdelse af komplet tegningsmateriale fra den 3D objektbaserede bygningsmodel. Direkte effekt, kvantitativ. Målgruppe: arkitekt og andre rådgivere.
- Simulering af bygningsfysiske egenskaber, energiforbrug, indeklimate, CO₂ og bæredygtighed mm. Indirekte og afledte effekter. Målgruppe: bygherren og samfundet.
- Inddragelse af produktionsinformationer, bygningsdelsobjekter, produktionsteknologi, bygbarhed mm. Direkte, indirekte og afledte effekter, kvantitativ. Målgruppe: rådgiverne, entreprenørerne og byggevarerleverandørerne.

- Kalkulation af anlægsomkostninger og drift. Direkte og indirekte effekter, kvantitativ. Målgruppe: bygherren.

Udbud/tilbud:

- Generering af styklister fra bygningsmodellen til mængdefortegnelser. Større sikkerhed i tilbuds-givningen. Direkte effekt, kvantitativ. Målgruppe: arkitekten og bygherre(arkitektrådgivning).
- Etablering af udbudsportal til digitalt udbudsmateriale samt til digitale tilbud. Afledte effekter, kvantitativt. Målgruppe: arkitekt plus hovedentreprenør og fagentreprenører.
- Billigere tilbud grundet den digitale bygningsmodel (bedre overblik over konstruktioner, bedre konsistens i projektmaterialet, automatisk generering af data).

Produktionsforberedelse:

- Konsistenskontrol af model for at opdage fejl i projektmaterialet. Afledte effekter, kvantitativ. Målgruppe: entreprenørerne.
- Bygningsmodel som støtte for detaljeret tids- og økonomiplanlægning, 4D-5D. Afledte gevinster, kvantitative. Målgruppe: hovedentreprenør.
- Specifikation af delkomponenter (komponenter og systemer) gennem digitale modeldata til underleverandører.
- Koordinering af arbejdet mellem fagentreprenører.

Produktion:

- Bygningsmodel som støtte for kvalitetssikring, færre fejl på byggepladsen. Afledte effekter, kvantitativ. Målgruppe: entreprenørerne.
- Bygningsmodel som støtte for projektstyring, indkøb og logistik (lean). Afledte effekter. Målgruppe: entreprenører, byggevarerleverandører.
- Bygningsmodel som støtte for kvalitetssikring, herunder kontrol gennem tilsyn. Indirekte og afledte effekter. Målgruppe: arkitekt og entreprenører.
- Bygningsmodel som støtte til cashflow og projektøkonomi. Afledte effekter, kvantitative. Målgruppe: bygherren, rådgiverne og entreprenørerne.

Initiativet til IKT-konceptet

Hovedrådgiver/totalentreprenøren har tidligere arbejdet i projekteringsfasen i 3D med anvendelse af Autodesk's Architectural Desk Top (ADT). Dette program er for detmeste anvendt som et modelleringsprogram styret mod tegningsgenerering, hvor tegningsmaterialet er færdiggjort i .dwg, AutoCAD formatet. De afledte aktiviteter som koordinering, simulering og dataudtræk, hvor man udveksler og genanvender modeldata, var ikke implementeret i den faglige praksis. Muligheden for afprøvning af koordinering mellem arkitektens fagmodeller og ingeniørrådgiverens fagmodeller opstod med denne case.

Arkitekten, som allerede var engageret i projektet som arkitekt og bygherrerådgiver, havde beluttet at skifte platform og arbejde med Revit Architecture. MTH ønskede at afprøve et nyere databasebaseret BIM værktøj som Revit. Projekteringsafdelingen så muligheden nu og havde ledelsesopbakning til at udvikle en mere BIM orienteret arbejdsmetode. Ambitionsniveauet var primært at anvende modellerne til tegningsgenerering, men derudover at anvende modellerne til koordinering med arkitekten. Det sidste blev ikke gennemført i denne case. Man gik i gang med at udarbejde en IKT specifikation (bips værktøj) mellem MTH og 3xn, men det blev opgivet. Man fravalgte at koordinere via modeller grundet en

kombination af manglende erfaring på området, et komplekst dokument at udarbejde (IKT specifikationen) og usikkerhed om ansvarsfordelingen mellem de to parter ved en ny arbejdsmetode. Det der blev implementeret i casen var: at anvende digitale bygningsmodeller (Revit) i projekteringen for konstruktionsdelen (fundament, stål og beton), men at arbejde tegningsbaseret på vvs og el. Modellerne blev ikke anvendt direkte i udførelsen. Årsagen til dette var, at man ønskede tage små skridt ad gangen og at folkene på byggepladsen ingen BIM erfaring havde og efterspurgte tegninger på papir. Dog blev modellen anvendt til at fremstille videoer, som blev brugt til markedsføring overfor andre kunder.

MTH har efterfølgende kraftigt satset på at udvikle en BIM orienteret arbejdsmetode for alle de processer, de er aktive i. De har udviklet en IKT/BIM strategi, som er initieret i samarbejde med medarbejderne og som er støttet af ledelsen. Der foregår således en investering i ny teknologi og nye kompetencer i virksomheden, der bl.a. er udmøntet i finansiering af forskningsprojekter i form af to erhvervsPhD'ere i samarbejde med DTU Byg og DTU Management.

Begrundelse for at gå mod en BIM orienteret arbejdsmetode:

- 1) Konkurrencehensyn. Man er overbevist om, at vil man overleve i branchen, må man benytte de nye metoder og værktøjer. De virksomheder, der ikke kommer med på vognen, overlever ikke i længden.
- 2) Økonomi: Man er overbevist om, at BIM repræsenterer rationaliseringsgevinster over tid, specielt for en virksomhed som MTH, der er både rådgiver og entreprenør.
- 3) Medarbejder rekruttering: BIM vil tiltrække og fastholde dygtige medarbejdere. Dygtige medarbejdere søger hen, hvor der er de største udfoldelsesmuligheder. Det er derfor nødvendigt at tilbyde dem de nyeste teknologier.

Casestudiets parter

I en byggesag af KPMG's størrelse indgår der så mange parter og aktører, at det ikke har været muligt indenfor ØG-DDB projektets rammer at analysere dem alle. Da casestudiet er et af fire, hvor case 04 har fokus på entreprenøren, har projektgruppen valgt at sætte fokus på de væsentlige aktører i projekterings- og udførelsesfaserne hos MT Højgaard, I og herudover udvalgte repræsentanter for fagentreprenører og underleverandører. Disse er udvalgt i forhold til, at de repræsenterer aktører, der er medprojekterende eller kunne anvende rådgivernes fagmodeller.

Ledelsen i MT Højgaard

Lars Fuhr Pedersen, divisionsdirektør, MT H.

Projektledelsen af KPMG, MT Højgaard

Pece Angelovsky (PA), MTH, projektdirektør for KPMG projektet.

Projekteringen af stål- og betonkonstruktioner, MT Højgaard

Niels Kjeldgaard (NK), civilingeniør, designdirektør, leder af Design & Engineering, projekteringsafdelingen hos MTH.

Tommy Kristensen (TK), bygningskonstruktør på Design & Engineering, medarbejder på konstruktioner på KPMG.

Projektering af el og vvs: MT Højgaard

Ikke medtaget her, da arbejdet ikke blev udført modelbaseret.

Arkitekturrådgiver, projektering, 3xn

Jeanette Hansen, arkitekt, project manager, 3xn.

Udførelse af stål og betonkonstruktionen, MT Højgaard

Frank Schmidt (FS), projektchef MTH.

Rasmus Hyldekvis (RH), projektleder på byggepladsen MTH.

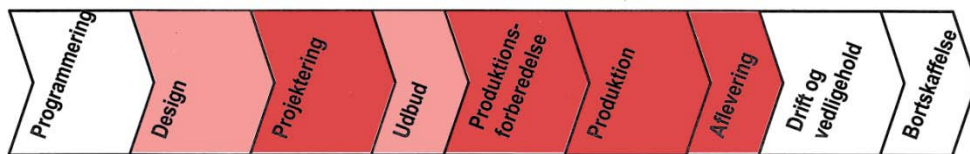
Udførelse af Ventilationsentreprisen, Airteam

Jens Juul (JJ) er leder af ventilationsentreprisen. Han er oprindelig uddannet elektriker og senere omskoleet til ventilationsområdet. Han har kompetencer indenfor IKT generelt, men ikke specielt BIM. Airteam har kompetencer indenfor CADvent, MagiCAD (erhvervet under arbejdet med RHO), AutoCAD m.v.

BIM karakteristika for casen

Her beskrives casen oversigtligt i en samlet BIM kontekst. På en integrationskala fra en dokumentbaseret metode til en BIM metode placeres casen i forhold til: faser involveret, hovedaktiviteter støttet af bygningsmodeller, samarbejdsrelationer/integrationsniveau og modelniveau.

Hvilke faser er involveret

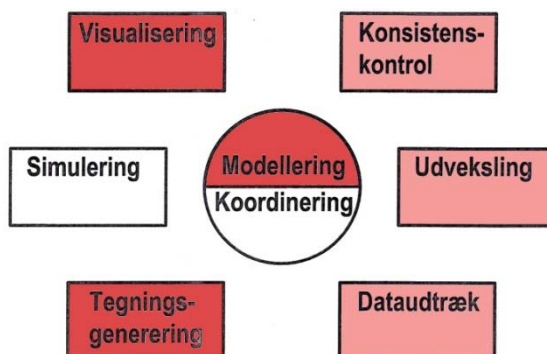


Byggeprojektet repræsenterer hele IKT-konceptets procesforløb fra designfasen til afl levering. Da IKT-konceptet er forankret hos en totalentreprenør, har det primære fokus været på aktiviteterne hos denne part, dvs. projekteringsfasen, overvejende hovedprojekteringen samt udbud, produktionsforberedelse, produktion og afl levering. De faser, der har været mest relevante i en BIM kontekst i denne case er projektering og herunder produktionsforberedelse samt produktion.

Digitale fagmodeller indgår som bærende værktøjer i projekteringsprocessen hos rådgiverne arkitekten og hos totalentreprenørens konstruktionsrådgiver. De anvendes primært til tegningsfremstilling og i mindre grad som koordineringsværktøjer, og her kun internt indenfor egne fagmodeller. Modellerne anvendes i nogen grad af totalentreprenøren til viewing under produktionsprocessen, dog anvender enkelte fagentreprenører/leverandører egne modeller ved selve produktionen og produktionsforberedelsen.

Digitale bygningsmodeller blev ikke anvendt i udbud/tilbudsfasen, ligesom afl leveringen ikke indeholder modeldata, grundet manglende ønske fra bygherren. Der blev anvendt en traditionel dokumentbaseret udbuds/aftaleform og det samme ved afl levering. Der er ikke demonstreret eksempler på BIM anvendelse til driften, da bygningen endnu ikke er sat i drift.

Hvilke hovedaktiviteter er involveret



Den følgende beskrivelse er hovedsageligt baseret på aktiviteter hos totalentreprenøren, MT Højgaard dog delvist hos arkitekten. Den røde farve markerer, at aktiviteten er konstateret BIM orienteret på væsentlige områder. Dette gælder for udvalgte processer i projektet og ikke nødvendigvis alle. Den mørke farve indikerer BIM orientering på et højt niveau eller i et stort omfang, den lyse farve indikerer et lavere niveau.

Modellering af fagmodeller foregår hos arkitekt i form af en arkitektfagmodel målrettet mod tegningsgenerering. Konstruktionsrådgiveren udarbejdede en konstruktionsfagmodel indenfor stål og beton. Vvs og el blev udført i 2D. Der blev ikke anvendt nogen form for fællesmodeller i projektet. Ved projektstart var det et ønske at koordinere via fællesmodeller, men det blev fravalgt (se Koordinering).

Koordinering foregår i et formaliseret samarbejde, styret af enprenøren. Formatet er dokumenter, herunder 2D tegninger, der bliver uploadet på projektweb'en.

Konstanskontrol. Der blev gennemført konstanskontrol internt via 2D tegninger samt - i mindre omfang – på modelniveau ved alene visuel kontrol i en viewer. Automatisk konstanskontrol via software blev fravalgt grundet manglende erfaringer med ansvarsfordelingen ved 3D modelarbejde, samt at arkitektens og entreprenørens fagmodeller ikke var synkroniserede (ikke på samme informationsniveau på samme tid).

Visualisering af modeller blev primært anvendt til at berige tegningsmaterialet med rumlige billeder og snit, således at tegningsmaterialet ligger på et højt kommunikativt niveau, specielt i forbindelse med den komplekse geometri og facadeentreprisen. Der er således udarbejdet tegningssæt skræddersyet til udførelsen både fra arkitekten og fra konstruktionsrådgiveren. I de tidligere faser blev visualiseringer anvendt i mindre omfang til kommunikation med bygherren, samt til at give et overblik over projektets kompleksitet for visse fagentreprenører.

Tegningsgenerering fra bygningsmodeller til 2D tegninger på informationsniveau 2 og 3 til kommunikation mellem rådgivere og bygherre og myndigheder. Tegningsgenerering fra model til 2D tegninger på informationsniveau 4 til udførelse. Tegningsmaterialet ligger på et højt niveau vedr. formidling af kompleksiteten (rumlige billeder) samt vedr. konstans og præcision (alle nødvendige snitbilleder for at udføre opgaverne). Tegningsmaterialets høje niveau vurderes at være en forudsætning for gennemførelsen af entrepriserne. Konstruktionsingeniørerne har på linje med arkitekten har også haft en aktiv rolle her, som den aktør der har haft overblik over kompleksiteten i bygningens form og geometri, bl.a. vedrørende produktion og montage af facadeelementerne.

Simulering af form og udseende er udført af arkitekten. Ingeniørrådgiveren har anvendt et system af regneark til beregningsdelen. Der er ikke anvendt modeldata genbrug. Der blev ikke simuleret bygningsfysiske egenskaber.

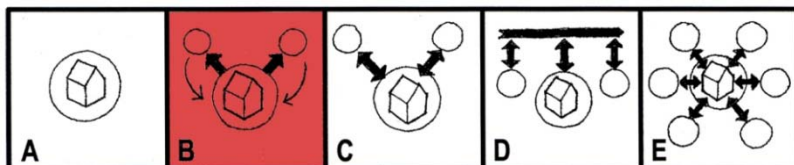
Dataudtræk direkte fra bygningsmodel blev ikke kun udført i et lille omfang i dette projekt. Der blev fra modellen genereret pælelister for fundamentspælene ved hjælp af et udviklet plug-in til Revit. Man afprøvede det i forbindelse med udbuddet, men konstaterede for mange fejl og valgte derfor et traditionelt dokumentbaseret udbud. Efterfølgende har man fået løst problemerne, og i de efterfølgende byggeprojekter bliver det gjort af tilbudsfolkene hos hovedentreprenøren.

Udveksling af bygningsmodeller blev kun udført i et begrænset omfang og kun i proprietære formater. Arkitekt og hovedentreprenør arbejdede i samme modelleringssoftware, Revit, men udvekslingen foregik dokumentbaseret. Alle tegninger og andre dokumenter er placeret på en projektweb, Byggeweb. Alle aktører har adgang til projektwebben: arkitekt, ingeniørrådgiver og samtlige fagentreprenører samt bygherren.

Konstanskontrol. Automatisk kollisionskontrol mellem fagmodeller blev ikke udført. Konstanskontrollen blev alene udført via tegningsmaterialet. Dog blev der i forbindelse med stålkonstruktionerne over atrierne på stålentreprenørens foranledning udført kollisionskontrol.

Sammenfattende kan konkluderes, at de BIM hovedaktiviteter der er godt repræsenteret er tegningsgenerering, visualisering. Alle andre hovedaktiviteter er i dette projekt (første 3D arbejdsmetode baserede projekt for entreprenøren) primært dokumentbaserede. Ved senere projekter har man udvidet 3D arbejdsfeltet og man arbejder nu modelbaseret indenfor områderne dataudtræk (styklistegenerering) og konsistenskontrol (Navisworks) samt i mindre omfang simulering (bl.a. Robot), koordinering (fællesmodel, Navisworks) og udveksling via modeller. På arkitektsiden er der foregået tilsvarende udvikling, hvor man har anvendt modelleren til dagslyssimulering.

Hvilke samarbejdsrelationer er involveret



Signaturforklaring:

A: Enkeltfags anvendelse af model. **B:** Envejsdeling af modelinfo. **C:** Tovejsdeling af modeller.

D: Distribuerede modeller på lokal server. **E:** Fuld integreret modelsamarbejde over netværk.

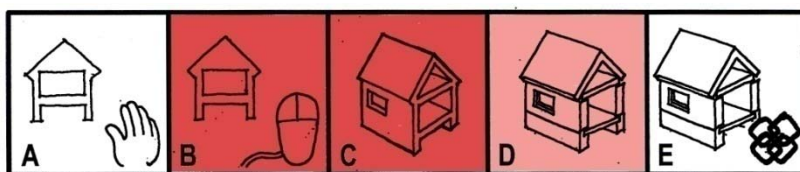
For definitioner af samarbejdsrelationer henvises til *Metodemanualen ØG-MM*.

Casen repræsenterer en samarbejdsform, hvor bygningsmodellerne for visse af rådgiverne er forankret hos de respektive parter som fagmodeller. Der er **envejsdeling af modeller** (B) hvilket betyder at modellerne anvendes internt og udvekslingen foregår via dokumenter. Informationsudvekslingen foregår over en fælles projektweb med traditionelle dokumenter, herunder 2D tegninger genereret fra de respektive fagmodeller. Koordineringen foregår ved revision og påtegning på 2D tegninger.

Koordination med entreprenører er fortrinsvist foregået via digitale 2D tegninger. Valget af 2D tegninger som medie beror på manglende erfaringer og kompetencer i et eller flere af de involverede virksomheder. IKTkonceptet var første afprøvning hos entreprenøren. Koordination/kommunikation med bygherre er foregået gennem 2D og 3D tegninger og visualiseringer og dialog.

Sammenfattende kan konkluderes, at samarbejdsrelationer og udveksling beskriver en form og et niveau som er ofte forekommende i dagens byggesektor. Al projektinformation bliver udvekslet over projektweb som dokumenter. Der udveksles ikke bygningsmodeller mellem parterne i en integreret samarbejdsform. Al kommunikation under udførelsen foregår via et 2D tegningsmateriale. Der er planer hos entreprenøren om i fremtiden at anvende modeldata ved udveksling mellem parterne for koordinering ligesom man vil anvende digitale bygningsmodeller ved udførelsen.

Hvilke modelniveauer er involveret



Signaturforklaring:

A: Manuel 2D tegning. **B:** Digital 2D tegning. **C:** 3D geometrimodel. **D:** Objektbaseret model.

E: Integreret BIM. For definitioner af modelniveauer henvises til *Metodemanualen ØG-MM*.

Casen repræsenterer overvejende modelniveauerne: **digitale 2D tegninger** (niveau B) til mere intelligente digitale bygningsmodeller (niveau C og D) dog overvejende anvendt som rene **3D geometrimodeller** til tegningsgenerering (niveau C), men der er også udnyttet objektgenskaber ved styklistegenerering, **objektbaseret model** niveau D). Arkitektrådgiver og konstruktionsrådgiver og visse fagentreprenører (ventilation) arbejder i bygningsintelligente modeller. Rådgiverne anvender modellerne til visuel granskning via modelviewere (geometrimodel, niveau C).

I projekteringsfasen arbejdes med digitale bygningsmodeller af de vigtigste aktører, arkitekt og konstruktionsrådgiver. Modellerne beskriver geometri og struktur af byggeprojektet, og deres primære formål er at kunne generere et korrekt og koordineret tegningsmateriale, som anvendes som aftalegrundlag og senere under udførelsen. Al kommunikation på byggepladsen foregår ved hjælp af tegninger. Tegningerne har et højt kommunikativt niveau. De genereres fra modellerne og indeholder derfor en bred vifte af tegningstyper, som ikke ville kunne etableres i en ren 2D tegningsverden. De dobbelt retvinklede billeder, plan, snit og opstalt, som samlet betegnes 2D tegninger, er for arkitektens vedkommende suppleret med vignetter og illustrationer i 3D plus en lang række specielle snit til forklaring af komplekse konstruktioner.

Visse af fagentreprenørerne indgår i den konkretiserende projektering via fagmodeller i projektforberedelsesfasen. Tilbageføringen af informationer fra fagentreprenører til rådgiverne, bl.a. 'as built' dokumentation, foregår alene via tegninger.

Sammenfattende kan konkluderes, at casen repræsenterer et modelniveau svarende til en digital 3D geometrimodel, dog ikke fuldt udrullet. Der arbejdes med digitale bygningsmodeller i form af fagmodeller hos rådgiverne til interne funktioner, primært tegningsgenerering. Der er enkelte eksempler på udveksling af fagmodeller, men alene som grundlag for ny opbygning af modeller. Den største del af tegningsmaterialet genereres direkte fra fagmodellerne.

Der er i senere projekter hos totalentreprenøren anvendt modeldata ved tilbudsgivning og ved udførelsen. Entreprenøren har således udviklet et koncept ved tilbudsgivning, hvor man opbygger en 3D model på informationsniveau 2, som man anvender til at trække styklister ud til beregning af et prisoverslag.

Omkostninger

Omkostningerne forbundet med brugen af IKT-konceptet er vanskelig at opgøre præcist af flere grunde. For det første kan et IKT-koncept allerede indgå som en integreret del af en virksomheds arbejdsprocesser, og er derfor vanskeligt at afgrænse finansielt i det enkelte projekt. For det andet, er der ofte ikke tradition for regnskabsmæssigt at styre omkostninger og effekter ved introduktion af nye arbejdsmetoder- og rutiner i virksomhederne. Omkostningerne vil optræde indirekte i virksomhedens regnskaber og indgår ikke i en bench-marking af nye processer. For det tredje vil initiale omkostninger og driftsomkostninger til nye arbejdsmetoder, værktøjer, kompetenceløft m.v. være fordelt over en lang række projekter, samtidigt med kompetenceløftet og softwareinvesteringerne vil være foretaget på et tidligere tidspunkt, og bliver således betragtet som afskrevne eller under afskrivning. Omkostningerne er specielt vanskelige at opgøre i relativt store virksomheder på grund af bl.a. omfanget af projekter og antallet af medarbejdere (kompetenceløft), der indgår.

Omkostningerne i forbindelse med anvendelsen af IKT-konceptet er blevet opgjort på basis af en række forudsætninger, som projektgruppen har opstillet og som kort listes i det følgende:

- Driftsomkostningerne til opgraderinger m.v. er beregnet ud fra casens økonomiske andel af virksomhedens årlige omsætning. Andre almindelige driftsmæssige omkostninger (f.eks. for-

brug af strøm, plotning, standard software etc.) ved brug af IKT-konceptet medtages ikke i denne opgørelse.

- Omkostninger i forbindelse med køb og leasing af software vil kun blive anført i de situationer, hvor projektet decideret kræver nye licenser af BIM software for at kunne gennemføre arbejdsprocesser. Baggrunden er, at alternativet vil kræve licenser til anden software, eksempelvis på CAD-niveau, AutoCAD o.l. som omkostningsmæssigt vil ligge på samme niveau.

Omkostningerne ved IKT-konceptet er opgjort inden for 2 hovedkategorier: investeringer i forbindelse med udvikling og implementering samt driftsomkostninger. Omkostninger er registreret for de virksomheder, der er udvalgt til at repræsentere casen. På rådgiver- og entreprenørsiden er der sat fokus på hovedentreprenøren, MT Højgaard. På udførelsessiden er udvalgt: ventilationsmontagen og ståltreprisen. Her er der ikke registreret omkostninger til implementering, da de ikke direkte er omfattet af IKT-konceptet.

De totale omkostninger for alle IKT-konceptets parter kan således ikke opgøres, men de følgende økonomiske opstillinger vil give et fingerpeg om omkostninger, effekter og gevinster for de aktører, der er udpeget af projektgruppen. Endelig vil en del af effekterne være af kvalitativ art, og dermed vanskelige at få ind i en samlet oversigt over IKT-konceptets gevinster.

Udviklings- og implementeringsomkostninger (investeringer)

Inden for denne hovedkategori er der beregnet følgende investeringer forårsaget af IKT-konceptet:

MT Højgaard projektering: (kilde: Niels Kjeldgaard, leder af Design & Engineering, MTH)

- **Indkøb, support, drift m.v.**
 - Udviklingsindsats, support og særlig assistance. Der blev udviklet et byggeobjektbibliotek samt support fra MTH's IT-afdeling. Samlet omkostning vurderet til 200.000 kr. excl. dækningsbidrag.
 - Ny hardware (ingen målt omkostning, da IKT-konceptet ikke kræver specielt hardware).
 - Ny software. Af 44 Autodesk licenser er ca. 20 opgraderet fra AutoCAD og ADT til Revit. Omkostning 20 licenser af 10.000 kr. I alt 200.000 kr.
 - Brugertræning/kompetenceudvikling. 10 medarbejdere på Revit-kurser. En omkostning på i alt 120.000 eksklusive timeløn.

Totalt er de samlede udgifter til indkøb, support og drift i projekteringsperioden på: 200.000 + 200.000 + 120.000 = 520.000 kr.

Denne omkostning kan betragtes som en investering, der nyttiggøres i efterfølgende projekter. Der er foretaget en konservativ fordeling af omkostningerne på denne case og efterfølgende 2 projekter. Fordelt over 3 projekter giver det en omkostning pr. projekt på **173.000 kr.**

- **Implementering af en 3D baseret arbejds metode til projekteringen.** Målet var at introducere 3D modellering i projekteringen med et høj kvalitet output i form af tegninger. For at opnå denne effekt var en investering i værktøjer og kompetencer hos ingeniørrådgiveren nødvendig. Den traditionelle tegningsproduktion blev suppleret med og dele erstattet med opbygning af bygningsmodeller. Tegningsaktiviteten udgør normalt ca. en tredje del af hele projekteringsaktiviteten. Denne aktivitet blev udvidet med ca. 20 %, hvilket er en merudgift på ca. 1 mio. kr. i casen, som repræsenterer første gennemløb af IKT konceptet. Det er vurderet at andet gennemløb ingen ekstraudgifter havde og at tredje gennemløb udviste et overskud på estimeret 10 %.

En mere detaljeret opgørelse ifølge NK: Konstruktions/projekteringsdelen udgør ca. 14. mio. kr. Heraf 35 % 'optegning' (dækker modellering i Revit og AutoCAD og tegningsgenerering) og 65 %

konstruktions/statiske beregninger, møder og andet. 35 % af 14 mio. = ca. 5 mio. (4,9 mio). Reelt blev der anvendt ressourcer på 6 mio. kr. til aktiviteten. Dvs. at der blev anvendt ca. 1 mio. kr. mere i forhold til den tilsvarende dokumentbaserede og kendte arbejdsmetode. Beløbet er inkl. dækningsbidrag (faktor 2).

Den ekstra omkostning blev afholdt indenfor det samlede budget for byggeprojektet. Denne meromkostning kan deles i to dele: 1) en omkostningsdel, dvs. en reel meromkostning til implementering af en ny 3D baseret arbejdsmetode og 2) en gevinstdel, dvs. en investering i viden og vidensprodukter samt et generelt kompetenceløft for nogle af MTH's medarbejdere. Dette udbytte dækker 3 områder: 1) at få opstartet implementeringen af en ny 3D arbejdsmetode, 2) at få udviklet et digitalt komponentbibliotek (2-4 mand i 6 Mdr.), som kan udnyttet i senere projekter, samt 3) at få udlært 8-10 mand i Revit (kompetenceudvikling). Investeringen/gevinsten dækker ca. halvdelen af den samlede meromkostning.

Casen repræsenterer det første gennemløb at IKT-konceptet. Det repræsenterer i dette første gennemløb en ekstra udgift på ca. 1 mio. kr. Leverancen indenfor dette merbeløb var ikke alene det aktuelle projektmateriale, men derudover en række gevinster, som senere projekter indenfor det samme IKT-koncept har nydt godt af. NK's vurdering er, at meromkostningen ved 1. gennemløb (denne case) var -20 %, der var 0 % ved 2. Gennemløb og efterfølgende gange: +10 % + mere funktionalitet. Implementeringen af en 3D arbejdsmetode, opgraderingen af medarbejderkompetencerm.v. har en værdi, der benyttes på flere efterfølgende projekter. Derfor vurderes det, at beløbet afskrives over 3 projekter. Således er implementeringsomkostningen divideret med 3: $1.000.000 / 3 = 333.333$ kr. Dette er et konservativt skøn, da der i princippet også er afskrivninger, som føres frem fra andre projekters investeringer. Implementeringsomkostninger fordelt over 3 byggesager: 333.333 kr.

MT Højgaard udførelse:

- Udviklingsindsats: ingen.
- Ny hard- og software: ingen.
- Brugert raining: ingen.
- Implementering: ingen

På udførelsessiden ingen målt omkostning, da konceptet indebar en traditionel arbejdsmetode på byggepladsen på basis af et traditionelt 2D tegningsmateriale trykt på papir.

3xNielsen, arkitekturrådgiver: Omkostninger ikke medregnet, da IKT-konceptet ikke har krævet ændringer i deres arbejdsmetode. 3xn projekterer med Revit Architecture.

Airteam, (ventilationsentreprisen): Omkostninger ikke medregnet, da IKT-konceptet ikke har krævet ændringer i deres arbejdsmetode.

CSK Stålintrodustri (stålentreprisen): Omkostninger ikke medregnet, da IKT-konceptet ikke har krævet ændringer i deres arbejdsmetode.

Driftsomkostninger

I denne hovedkategori er der målt følgende driftsomkostninger:

MT Højgaard rådgivning:

- Soft- og hardware vedligeholdelse: er indeholdt i softwareanskaffelse og alm. drift.
- Softwareopgraderinger, nye versioner: er indeholdt i softwareanskaffelsen.

- Leje af software og hardware: ingen ekstraomkostninger, samme omfang som øvrige projekter.
- Helpdesk og support fra IT-afdelingen: en omkostning på ca. 100.000 kr. excl. dækningsbidrag.

MT Højgaard udførelse:

- Ingen driftsomkostninger

Totalt er der målt driftsomkostninger i projektet for hovedentreprenøren på: 100.000 kr.

3xNielsen, arkitektrådgiver: Omkostninger ikke medregnet i IKT-konceptet, da bygningsmodelleringen er udført i Revit Architecture og alene anvendt internt i virksomheden til generering af tegningsmateriale. Arkitektfagmodellen er ikke udvekslet med anden part, og der er ikke udført simuleringer.

Airteam, (ventilationsentreprisen): Omkostninger ikke medregnet, da IKT-konceptet ikke har krævet ændringer i deres arbejdsmetode.

CSK Stålintustri (stålentreprisen): Omkostninger ikke medregnet, da IKT-konceptet ikke har krævet ændringer i deres arbejdsmetode.

Hovedproces 1: Projektering med brug af fagmodeller for rådgiverne

Generel beskrivelse af hovedprocessen

I den indledende designfase arbejdede arkitektrådgiveren med bygningsmodellen i 3D, som et internt visualiserings- og koordinationssværktøj. Bygningsmodellens overordnede rolle var at formidle form, struktur og udseende. Arkitekten arbejder med programmet Rheino til rene visualiseringsopgaver. Disse modeller føres ikke videre i processen.

I projekteringsfasen fortsatte arkitekten med at arbejde med digitale 3D modeller frem til konkretisering af projektet til informationsniveau 4. Til konkretisering af fagmodellen arbejdede arkitekten med Revit Architecture fra AutoDesk. Ingeniørrådgiveren på konstruktion arbejdede med den samme familie af værktøjer til udarbejdelse af sine fagmodellerne: Revit Structure. Vedrørende el og vvs anvendtes AutoCAD MEP (DWG formatet).

Koordinering gennem udveksling af fagmodeller mellem arkitekt, konstruktion og installationer blev forsøgt i starten af processen, men blev fravalgt, primært grundet mangel på erfaring på området plus usikkerhed omkring ansvarsfordelingen med en ny 3D arbejdsmetode i forhold til den traditionelle ydelsesbeskrivelse. Dog blev der udvekslet Revit filer mellem parterne som tegneunderlag. Disse filer blev anvendt som underlag for det respektive modelarbejde. Det havde teknisk været simpelt at udveksle modelfiler, da rådgiverne arbejdede med den samme suite af programmer. De kunne have udvekslet proprietært i RVT formatet.

De involverede fagmodeller blev udviklet til informationsniveau 4 og har følgende karakteristika:

Arkitekt-fagmodellen blev udviklet på Revit Architecture. Rheino blev anvendt til visualisering.

Konstruktions-fagmodellen blev udviklet på Revit Structure.

VVS og ventilations-fagmodellen blev udviklet på AutoCAD MEP.

El-fagmodellen blev udviklet på AutoCAD MEP.

Stålkonstruktionsfagmodellen blev udført med Tekla og Strusoft.

Kollisions kontrol blev udført visuelt med NavisWorks

Konsistenskontrol blev udført mellem arkitektens fagmodel og stålkonstruktionsmodellen, som led i kontrol og KS.

Visualiseringer blev udført med modelleringsprogrammet og viewer-funktionen blev udført med NavisWorks.

Tegningsgenerering blev udført med de modelleringsprogrammer, der blev anvendt til fagmodellerne. Færdiggørelsen af tegningerne med detaljer og annotation blev udført i modelleringsprogrammerne og AutoCAD.

Animation blev udført af MTH's IT-afdeling byggende på den digitale bygningsmodel af KPMG i Revit. Der blev ikke udført simuleringer af bygningsfysiske egenskaber (Arkitekten har senere udført lys-simuleringer i modelleringsværktøjet).

Der blev ikke etableret et fælles projektrum i denne case. Projektkoordineringen foregik ved møder og ved udveksling af filer over projektweb. Filerne var overvejende af formatet 2D tegninger.

Selve udformningen af byggeprojektet havde en kompleks struktur og geometri med få retvinklede samlinger i hovedkonstruktionen. At udarbejde arbejdstegninger var derfor en stor udfordring. Ingeniørrådgiveren koncentrerede indsatsen mod denne hovedaktivitet. Ingeniørrådgiveren har i forvejen et højt kvalitetsniveau på sine arbejdstegninger, da modervirksomheden, en entreprenør med rådgivningsfunktion, samtidig opgaven at udføre byggeriet efter de samme arbejdstegninger. Så den konkrete målsætning for IKT konceptet blev: kan det lade sig gøre at udføre et fuldt sæt arbejdstegninger af en kompleks bygningsstruktur med en ny 3D arbejdsmetode til et højt kvalitativt niveau (samme eller højere kvalitetsniveau som under den indarbejdede dokumentbaserede arbejdsmetode).

Tegningsfremstillingen udgjorde ca. 30 % af projekteringsaktiviteterne og leverede materiale til de resterende 70 % (grundlag for aftaler på møder samt grundlag for beregninger af konstruktioner, vvs og el). Endelig blev tegningsmaterialet anvendt som arbejdsgrundlag for udførelsen på byggepladsen.

Arkitekturrådgiveren anvendte sin fagmodel til tegningsgenerering og udførte ca. 90 % af materialet i Revit Architecture. Fagmodellen havde en detaljeringsgrad svarende til tegninger 1:20, resten, detaljetegningerne, blev udført i 2D editoren i Revit. Det svarer, i DDB's terminologien, til Informationsniveau 3.

På grund af samarbejds- og licitationsform var tegningsfremstillingen ikke målrettet en formel udbud/tilbuds aktivitet, men blev, udover en tilbudskalkulation målrettet produktionen af bygningen i form af arbejdstegninger. Derfor er produktionsforberedelsen for stål- og betonkonstruktionerne og visse af vvs entrepriserne indeholdt i projekteringsaktiviteterne. Det skønnes at fagmodellerne og det genererede tegningsmateriale repræsenterer et højere informationsniveau end 4, svarende til 4½ som repræsenterende produktionsforberedelse.

Der blev ikke udtrukket styklister fra modellerne til beskrivende mængdefortegnelser i forbindelse med Kalkulation af tilbud.

For visse af underleverandører og fagentreprenører blev der internt arbejdet med fagmodeller indenfor deres respektive områder. Dette er konstateret for ventilationsentreprisen. Der blev ikke udvekslet modeldata mellem fagrådgivere og hovedrådgiveren. Men de udvekslede tegninger blev anvendt som grundlag for modelopbygning.

Konstruktionsmodellen blev anvendt til en 3D animation bygningen for markedsføring af MTH's IKT anvendelse.

Kilder:

De følgende beskrivelser af rationaliseringsgevinster bygger på interviews med: Niels Kjeldgaard (NK), designdirektør, Tommy Kristensen (TK), bygningskonstruktør. Begge fra Design & Engineering, MTH. Endvidere er der foretaget mailkorrespondance med: René Øksengaard, Designingeniør/Civilingeniør, Design & Engineering, MTH og Jeanette Hansen, project manager, 3xn.

Rationaliseringsgevinster

De primære rationalitetsgevinster i denne hovedproces udtrykkes ved 1) målte gevinster (enten i kroner, i procenter eller på en skala fra A – D, hvor A er den højeste værdi), 2) Gevinsttypen og 3) Realisator af gevinster. Gevinsterne er opdelt i typer. De direkte, indirekte og afledte effekter er opgivet af byggeprojektets parter. De potentielle effekter er forslag fra projektgruppen i dialog med byggeprojektets parter. For definition af gevinsttyperne henvises til Metodemanualen ØG-MM.

Direkte effekter

- Projektering: **Implementering af en 3D modelbaseret arbejdsmetode hos et stort antal medarbejdere (A, tilfalder hovedrådgiver), NK**
3D arbejdsmetoden blev gennemført for den del af de medarbejdere i projekteringsafdelingen, der beskæftiger sig med tegning/modellering. Det drejer sig primært om bygningskonstruktører og tekniske assistenter. De udgør omkring 30 % af hele bemanningen på ca. 60-70.
- Projektering: **Etablering af et digitalt komponentbibliotek for bygningsdele, der indgår i digitale bygningsmodeller (Revit Structural Families)(A, tilfalder hovedrådgiver), NK**
En nødvendig forudsætning for at kunne opbygge digitale bygningsmodeller er at have adgang til et digitalt komponentbibliotek. Komponentbiblioteker leveret med programmerne er sjældent anvendelige. Et komponentbibliotek skal opbygges i forhold til den danske kontekst, virksomhedens byggesystemer, leverandører samt herudover specifikke bygningsdele i projektet. Komponentbiblioteket er senere nyttiggjort i forbindelse med tilbudsgivning.
- Generelt: **Kompetenceløft hos et stort antal medarbejdere i projekteringsafdelingen og IT-afd. (A, tilfalder hovedrådgiver) NK**
Design & Engineering havde 10-12 mand på softwarekurser, primært i Revit Structure. Med sidemandsoplæring vurderes, at 90-95 % af de medarbejdere, der arbejder med bygningsmodeller og tegninger, har tilstrækkelige Revit/modellerings kompetencer til fremtidige projekter.
- Projektering: **Høj kvalitet projektmateriale i form af tegninger ved hjælp af 3D arbejdsmetode (A, tilfalder hovedrådgiver) NK**
Denne gevinst var det direkte mål for IKT-konceptet. Forventningerne blev indfriet fuldt ud. Det lykkedes at producere tegningsmateriale på et meget højt niveau, svarende til min. det niveau MTH i forvejen har grundet deres behov som udførende. Tegningerne vurderes af NK som bedre koordinerede end tidligere grundet 3D arbejdsmetoden. Der blev ikke konstateret en tidsbesparelse i første projekt (se under implementeringsomkostninger). Konstruktionsrådgiveren vil, inspireret af arkitektens tegninger, højne den kommunikative kvalitet af egne tegninger (rumlige billeder, modeltegninger m.v.) ved efterfølgende projekter.
- Projektering: **Tidsbesparelse ved tegningsfremstilling ved hjælp af 3D arbejdsmetode (10 % tidsbesparelse efter 2. gennemløb, tilfalder hovedrådgiver) NK**
Introduktionen af en ny modelbaseret arbejdsmetode gav som effekt et merforbrug af tid på 20 % ved første gennemløb (denne case04). Ved andet gennemløb blev tidsforbruget vurderet som det samme som ved den tidligere, dokumentbaserede arbejdsmetode. De efterfølgende

gennemløb er vurderet til at give en besparelse i tid på 10 %. En 10 % besparelse på et projekt af case04's størrelse svarer til kr. 500.000. Når afskrivning af de oprindelige implementeringsomkostninger medtages giver det en gevinst på kr. 300.000 efter 2. gennemløb. Gevinsten ikke indløst i case04, da det var første gennemløb.

- Generelt: **Mulighed for større kompleksitet i bygningsdesignet. (A, tilfalder konstruktionsrådgiver og arkitekt) NK**

Bygningsdesignet indeholder relativt komplekse løsninger, som ville have givet store udfordringer at specificere til et udførelsesniveau i en traditionel projektering med 2D tegninger. Komplexiteten i geometrien ligger både i planen, hvor vinkelafvigelse fra ret (90 grader) er mange og i rummet, hvor kompleksiteten er repræsenteret i 3D.

Indirekte effekter

- Generelt/marketing: **Branding af anvendelse af IKT gennem visualisering og animationer af bygningsmodel (A, tilfalder hovedrådgiver/entreprenør). NK**

Den digitale bygningsmodel af KPMG blev anvendt til at udarbejde en animation (bygningsmodellen i et procesforløb). Denne er blevet anvendt overfor potentielle kunder/bygherrer for at vise virksomhedens teknologiske niveau. Da animationen blev udarbejdet da bygningsmodellen var færdiggjort havde den ingen effekt i denne case, men har i forhold til senere projekter været en succes.

- Generelt/human resources: **Fastholdelse og rekruttering af dygtige medarbejdere (A, tilfalder hovedrådgiver/entreprenør). NK**

Et punkt i MTH's IKT strategi er at kunne fastholde og rekruttere dygtige medarbejdere gennem en satsning på IKT og BIM. Casen, der repræsenterer et første skridt mod en BIM orienteret arbejds metode, er således medvirkende til at opfylde denne målsætning. Samtidig hermed er der internt i virksomheden sat ressourcer af til højne kompetenceniveauet blandt virksomhedens medarbejdere med hensyn til IKT og BIM. Der er givet medarbejderkurser i 3D modellering med anvendelse af Googles SketchUp, der er etableret 2 erhvervsPhD studier indenfor rammen af BIM.

- Projektering: **Bedre motivation hos medarbejderne (A/C, tilfalder entreprenører) NK**

At kunne arbejde modelbaseret er ikke noget alle medarbejdere tager til sig. Der kan konstateres en differentiering i forholdet til at arbejde efter en 3D arbejds metode. Generelt har brug af digitale bygningsmodeller i byggeprojektet betydet at sagsmedarbejdere har haft en bedre motivation grundet at den anvendte teknologi (BIM) er en front-end teknologi, hvilket giver en værdifuld ny erfaringstilegnelse i forhold til fremtidige byggeprojekter. Det vurderes at ca. 80 % af medarbejderne har denne holdning. De sidste 20 % er mere skeptiske og det kan der være flere grunde til, nye procedurer, manglende kompetencer, manglende incitament o.l.

- Generelt/kommunikation: **Bedre kommunikation med samarbejdspartner (A, tilfalder alle parter) NK**

Den arbejdsrutine MTH har udviklet i forbindelse med tilbudsgivning ved tidlige udbud har demonstreret en forbedret kommunikation mellem parterne. Man opbygger en 'tilbudsmodel', som er en rå volumenmodel (informationsniveau 2) som udover at anvendes til prisberegning også anvendes til at kommunikere projektet mellem arkitekt og ingeniørrådgiver, mellem rådgiverne og folkene på byggepladsen og mellem rådgiverne og bygherren.

Afledte effekter

Der er ikke konstateret afledte effekter, da modeldata ikke er anvendt i afledte processer.

Potentielle gevinster

- Projektering: **Bedre koordinering af projektmateriale (tilfalder alle parter)**
En af de allerstørste gevinster ved at arbejde integreret med en 3D arbejdsmetode er at koordinere projektet via fagmodeller, der samles til fællesmodeller, der så underkastes en konsistens- og kollisionskontrol. Hermed sikrer man sig at modellerne er koordinerede. Når tegninger genereres ud fra disse koordinerede modeller har man på forhånd sikret sig at alle tegninger er koordinerede. Hvis man koordinerer via tegningerne alene gør man arbejdet kompliceret og meget omfattende tidsmæssigt, da man skal gå fra model til tegning, kontrollere og derefter tilbage til model for rettelser. Dette skal gøres for hver enkelt tegning mindst én gang pr. session.
- Projektering: **Bedre procesforståelse gennem BIM (tilfalder alle parter)**
En integreret 3D arbejdsmetode kan give en bedre forståelse af, hvordan samarbejdsprocessen kan optimeres mellem parterne. En sådan viden og forståelse vil kunne realiseres som direkte rationaliseringsgevinst i fremtidige byggeprojekter, der anvender en 3D arbejdsmetode. I denne case blev en sådan integreret modelbaseret arbejdsmetode ikke anvendt.
- Projektering: **Genbrug af modeldata til beregninger (tilfalder ingeniørrådgiver)**
Gevinsten er her at man genbruger data i andre proceser. Hvis man arbejder med beregningsprogrammer, der kan modtage modeldata sparer man tid svarende til den genindtastning af data som den manglende automation indebærer. Foruden sparet tid har man - nok så væsentligt - også sikret sig kvaliteten af data, da man har elimineret fejl ved genindtastning.
- Projektering: **Bedre kvalitet gennem simuleringer (tilfalder byg- og driftsherre)**
At arbejde med en virtuel model af et bygværk under projekteringen giver mulighed for med software at simulere en lang række af bygningens egenskaber, således at man kan korrigere designet af bygningen i de tidlige faser. Der er lang række software til rådighed indenfor energiforbrug, varmetransmission, indeklima, træk, brand, bæredygtighed osv. En beregning af lysniveauet i kontorerne ville være en oplagt simulering, der kan gennemføres med en ren geometrimodel.
- Projektering: **Automation ved udtræk af styklister (tilfalder konstruktions- og installationsrådgiver, tilbudfolk)**
Casen har allerede demonstreret styklisteenerering fra bygningsmodellen i forbindelse med prisberegning ved tilbudsgivning. Styklistegenerering er et kraftfuldt værktøj som giver hurtig adgang til pålidelige data. Dataudtræk kan anvendes til mange andre operationer end prisberegning, eksempelvis bestillingslister, mangellister.
- Projektering: **Større grad af præfabrikation (tilfalder konstruktions- og installationsrådgiver, byggevareleverandør)**
Den større grad af koordinering og konsistens, som en digital bygningsmodel normalt repræsenterer, giver større muligheder for at anvende præfabrikerede systemer og komponenter der overholder de tolerancer, der påkræves. I casen blev der i vid udstrækning anvendt præfabrikerede komponenter, spærfag, facadeelementer, indervægskassetter m.m. Dette kunne gennemføres ved hjælp af fagmodellerne hos arkitekt og konstruktionsingeniør, som var internt konsistente gennem den tidskrævende tegningsbaserede koordinering.

- Projektering: **Øge automationen ved tegningsgenerering (tilfalder konstruktionsrådgiver) RØ**
Bygningsmodellen kan udvikles til et højere konkretiseringsniveau, hvor den set fra et tegningsmæssigt aspekt kan bruges med detaljer målrettet leverancer og montage. Eksempelvis kan armeringen modelleres i betonfagmodellen, således at der foregår en større automation, når der udtrækkes bygningsdelstegninger og detaljetegninger. Alternativet er en tidskrævende efterbehandling af tegningerne, der er i 2D og løsrevet fra modellen. Stiller krav til modelleringsværktøjet. En sådan model type vil give adgang til styklistegenerering på et mere detaljeret niveau, skærelister osv., og dermed et nyt gevinstområde. Først og fremmest giver det en meget bedre sikkerhed for, at den projekterede armering er korrekt, så man undgår forsinkelser og fejl på pladsen. Et gevinstpotentiale er, at man kan hive klippe-/bukkelister direkte ud af modellen og sende til armeringsleverandøren. Denne proces er afprøvet af MTH i et par broprojekter.
- Projektering og udførelse: **Automatisk generering af styklistes til leverancer m.v.(tilfalder entreprenør)**
Ved ikke kun at arbejde med geometrimodeller men med bygningsintelligente objekter med egenskaber er det muligt at trække styklistes ud, der kan sorteres efter de behov, der er i andre processer. Casen repræsenterer et sådan dataudtræk i forb.m. prisberegning, men kan udvides til bestiullingslister, skærelister osv. I casen har man taget problematikken op med hensyn til pæleentreprisen. Hele byggeriet er funderet med betonpæle. Derfor repræsenterer pælefunderingen et væsentligt leverance. At få samtlige pæle specificeret i tegninger og styklistes direkte fra bygningsmodellen repræsenterer en rationaliseringsgevinst.

IKT-risikovurdering

- Projektering: **Manglende erfaring med koordinering på modelniveau (vedrører alle) NK**
Det var intentionen fra projekteringsstart mellem arkitekturrådgiver og ingeniørrådgiver, at anvende fagmodellerne til koordinering af projektet. MTH havde ved casens start ikke store erfaringer med og procedurer for at koordinere på modelniveau. Muligheden var åbenbar, da de væsentlige fagområder modellerede i Revit. Det blev imidlertid fravalgt, og der blev i stedet sat fokus på den interne koordinering af tegningsmaterialet.
- Projektering: **Manglende erfaring med at udarbejde en samarbejdsaftale vedr. IKT (B, vedrører alle) NK**
En af årsagerne til beslutningen om ikke at koordinere modelbaseret eksternt var en usikkerhed vedr. det aftalemæssige grundlag. Parterne havde vanskeligt ved at anvende det paradigme, der er udviklet af Foreningen bips, 'IKT-Specifikationen'. Der vanskeligheder med indhold (relation til Ydelsesbeskrivelserne) og til form (uoverskueligt dokument når man starter fra scratch).
- Projektering: **Manglende anvendelse/genbrug af modeldata i projekteringen(A, vedrører alle)**
Forudsætningen for at opnå de store rationaliseringsgevinster ved en BIM arbejdsmetode er, at man anvender bygningsmodellerne til de hovedaktiviteter, der ligger i et projektforsløb. Det drejer sig om koordinering, visualisering/kommunikation, tegningsgenerering, simulering/beregning, konsistenskontrol, dataudtræk/styklistegenerering og udveksling mellem parterne. I casen var der hosentreprenørens rådgivningsfunktion fokus på tegningsgenereringen, som er en forholdvis lille del af projekteringsarbejdet (30 %). Det er oplagt at overføre modeldata til beregningsdelen, som udgør langt den største del af arbejdet. Dette vil indebære, at der anskaffes beregningssoftware, at medarbejderne efteruddannes og at ingeniørgruppen inddrages direkte i modelkonceptet.

- Projektering/generelt: **Manglende IKT og BIM kompetence (vedrører alle)**
 En fare ved implementeringen af en arbejdsmetode i en virksomhed er tage for snævert hensyn til de kompetencer der i forvejen er i virksomheden. Dette vil resultere i relativt små ændringer, der ikke vil fremvise de rationaliseringsgevinster, der vil være i et fuldt udrullet IKT-koncept. Dette vil resultere i mindre suboptimeringer af delprocesser. Man er selvfølgelig bundet til de medarbejderkompetencer, der er til stede i virksomheden, men det er vigtig at have en strategi henimod en større anvendelse af modeldata i alle processer. Dette vil få indflydelse på virksomhedens politik for rekruttering af nye medarbejdere og opgradering af faste medarbejdere til udvidede, modelbaserede processer.
- Projektering/generelt: **Mangelfuld virksomhedsstrategi for implementering af BIM (vedrører alle)**
 Casen repræsenterer en virksomhed, MTH, som har en klar strategi mod en 3D modelbaseret arbejdsmetode. KPMG byggeriet var det første byggeprojekt, hvor bygningsmodeller for ingeniørdisciplinerne var styrende. I første omgang for tegningsgenereringen, men man har udviklet en strategi, der over årene vil ruste MTH til at inddrage flere og flere processer, der vil blive styret af BIM orienterede værktøjer og metoder. I efterfølgende byggeprojekter har vist stadig flere processer er blevet baseret på digitale modeldata. Risikoen er, at man ikke alene skal hæve kompetencerne på værktøjsdelen, men i større grad skal implementere en generel 3D arbejdsmetode, som er styrende for alle relevante delprocesser i virksomheden.
- Projektering: **Forskel i kompetenceniveau mellem parterne (B, Afledt – Alle)**
 I den udstrækning der arbejdes integreret mellem parterne hæves kravene til kompetenceniveauet internt og eksternt stilles krav om samme kompetenceniveau mellem parterne, for at kunne udnytte hinandens informationsleverancer. Denne case's IKT-koncept kan gennemføres med et uens kompetenceniveau mellem parterne, da den meste udveksling er dokumentbaseret. Til gengæld udnyttes potentialerne ikke fuldt ud.

Hovedproces 2: Udbud/tilbud og produktionsforberedelse

Der blev ikke udført en traditionel udbudsforretning, da Totalentreprenøren var med fra starten i partnerskabet. Derfor blev der ikke genereret et traditionelt udbudsmateriale (tegninger, beskrivende mængdefortegnelser etc.). Der blev oprettet en projektweb, hosted hos MTH, hvor det samlede projektmateriale blev uploadet løbende. Her var der adgang til det samtlige projektmateriale i digital form.

Med hensyn til produktionsforberedelse var én af case-fagentreprenørerne, Airteam for ventilationsentreprisen, medprojekterende i produktionsforberedelsen. Airteam har en modelbaseret arbejdsmetode, der sikrer en internt koordinering på ventilationsdelen. De opbyggede selv en fagmodel for ventilationen i værktøjet MagiCAD. De anvendte ikke fagmodeller fra ingeniørrådgiverne og gav ikke et billigere tilbud grundet adgang til en digital bygningsmodel og er derfor ikke taget med i effektiviteten her (gevinst ved genbrug).

Samtlige fagentreprenører havde adgang til det samlede projektmateriale (tegninger og beskrivelser) via projektets projektweb.

Indirekte effekter

- Udbud/tilbud: **Tidsbesparelse ved ny modelbaseret procedure ved kalkulation af tilbud (90 % tidsreduktion, tilfalder hovedrådgiver/entreprenør). NK**

MTH har efterfølgende opbygget en fast procedure for kalkulation af tilbud. Når man går seriøst ind og vil give et tilbud udarbejdes en model i Revit. Dette primært for at erkende bygningens kompleksitet og bygbarheden af projektet. Man udarbejder en 'lego' model (informationsniveau 2) af projektet. Fra modellen laves et mængdeudtræk til et regneark, hvorfra prisen kalkuleres på overslagsniveau i forhold til en intern erfaringsprisbase. De har et par dygtige medarbejdere, som udfører denne procedure. Dette har vist sig at spare megen tid. Gevinstestimatet er fra NK, at de sparer 90% af tiden for den rene priskalkulation, når man forudsætter at modellen er lavet. De 90% er altså sparet tid til opmåling og nyindtastning af data. En tillægsgevinst har vist sig ved at der skabes en meget større sikkerhed for validiteten af mængderne. Proceduren var ikke moden til denne case, men er efterfølgende blevet implementeret som fast procedure.

- Produktionsforberedelse: **Tidsbesparelse ved automatisk udtræk af objektdata (koordinater for fundamentspæle) ved hjælp af bygningsmodel (70 % tidsreduktion, 80.000 kr., tilfalder konstruktionsrådgiver og entreprenør) RØ**

Pælenummer	X	Y	Pæle rotation	Topkote	Frilægningskote	Spidskote	Pælelængde	Hældning	Trækpæl	Revision	Kommentar
	[meter]	[meter]	[grader]	[meter]	[meter]	[meter]	[meter]	Lod/Skrå	(T = trækpæl)		
P0001	76052.428	141287.800	46	12.720	12.120	4.000	9	L		B	
P0002	76053.208	141287.053	46	12.720	12.120	4.000	9	L		B	
P0003	76053.955	141287.832	46	12.720	12.120	4.000	9	L		B	
P0004	76053.176	141288.580	46	12.720	12.120	4.000	9	L		B	
P0005	76049.026	141292.561	46	12.720	12.120	4.000	9	L		B	
P0006	76048.278	141291.781	46	12.720	12.120	4.000	9	L		B	
P0007	76049.058	141291.033	46	12.720	12.120	4.000	9	L		B	
P0008	76049.805	141291.813	46	12.720	12.120	4.000	9	L		B	
P0009	76032.567	141308.555	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0010	76031.611	141307.559	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0011	76032.607	141306.604	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0012	76033.562	141307.600	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0013	76032.587	141307.579	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0014	76027.674	141311.543	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0015	76028.453	141310.796	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0016	76029.201	141311.575	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0017	76028.421	141312.323	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0018	76032.117	141314.399	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0019	76031.121	141315.354	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0020	76030.166	141314.359	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0021	76031.162	141313.403	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0022	76031.141	141314.379	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0023	76018.395	141311.765	46	10.230	9.630	5.000	6	L		B	
P0024	76018.103	141310.826	46	10.230	9.630	5.000	6	L		B	
P0025	76017.468	141311.435	46	10.230	9.630	5.000	6	L		B	
P0026	76042.581	141297.037	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0027	76043.577	141296.082	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0028	76044.532	141297.078	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0029	76043.536	141298.033	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0030	76043.557	141297.058	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0031	76038.051	141303.294	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0032	76037.096	141302.298	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	
P0033	76038.092	141301.343	46	10.230	9.630	4.000	7	L		B	

Fig. 4: Pælelisten indeholder 11 paramertyper for 2500 pæle. Her vist 1 ud af 74 sider. Blev genereret automatisk fra konstruktionsmodellen og anvendt af landmåler til afsætning på byggepladsen. Kilde: MTH Design & Engineering.

Når man under udførelsen ønsker supplerende information om bygningsdele og deres egenskaber, eksempelvis placering, dimensioner, koordinater, er det et væsentligt aktiv at have adgang til bygningsmodellen og kunne håndtere den. Casen repræsenterer en sådan rationalitet. Placeringen af betonpæle til pælefunderingen var en meget stor opgave. Bygningen er båret af ca. 2500 pæle. Man indså ret tidligt i processen, at hvis man manuelt skulle udregne koordinaterne til alle pælene, samt vinklen i forhold til nord, ville det kræve store ressourcer. Man undersøgte derfor muligheden for at udtrække informationen fra Revit-modellen. Informationen måtte være til stede i modellen, men Revit var ikke umiddelbart leveringsdygtig i de ønskede

informationer. Leverandøren af programmet, NTI CADcenter, programmerede en lille plugin til Revit, som løste opgaven. Dette Revit plug-in sælges nu som en del af værktøjet 'NTItools Konstruktion (Pile Tool)'. Udviklingsomkostningerne ligger hos NTI. Når man kørte plugin'en fik alle pæle påført en række nye parametre, herunder koordinater og vinkler i forhold til nord. Disse informationer kunne så vises i et skema, som så kunne eksporteres til Excel. Excel-arket blev videregivet direkte til landmåleren, som kunne bruge de elektroniske data til at afsætte pælene efter - dvs. ingen manuelle indtastninger.

- Produktionsforberedelse: **Rational byggepladsplanlægning med IKT (ikke målt ,Direkte gevinst – hovedentreprenøren) LLL**

Revit konstruktionsmodellen blev ikke anvendt til planlægningen af byggepladsen. Tidligere har man anvendt et tegneprogram, Paint samt AutoCAD til byggepladsindretning. Begge 2D værktøjer. Til KPMG blev anvendt Google SketchUp, som er indgået i et 3D træningsprogram i MTH. Der blev dog kun opbygget en meget simpel model, da man byggede modellen op fra grunden. At arbejde digitalt vurderes at være nyttigt, men der har i denne case ikke været genbrug af modeldata. SketchUp modellen repræsenterer genindtastning og kan ikke direkte knyttes til casens IKT koncept.

Afledte effekter

- Produktionsforberedelse: **Tidsbesparelse ved kommunikation og projektforståelse for underentreprenørerne(C, Direkte gevinster – hovedentreprenør og fagentreprenører) MTH**
Konstruktionsmodellerne blev indirekte gennem rumlige billeder anvendt til kommunikation af byggeprojektets struktur og karakteristika overfor underentreprenørerne. Byggeprojektet indeholder en kompleks geometri, hvorfor rumlige billeder bidrag kraftigt til en rationel overførsel af information. En traditionel granskning via 2D tegninger ville ikke have taget længere tid samt indebåret flere muligheder for fejltolkning.
- Produktionsforberedelse: **Tidsbesparelse ved detaljprojektering (ikke målt, tilfalder fagentreprenører og underleverandører)**
Både ventilationsentreprenøren og stålleverandøren har implementeret en modelbaseret arbejdsmetode i deres rutiner. I casen opbyggede de selv modeller efter udleveret tegningsmateriale. Der er ikke identificeret en rationaliseringsgevinst ved modelgenbrug, men det formodes at der ligger en rationaliseringsgevinst alene ved den modelbaserede metode. Gevinsten er dog ikke målt.

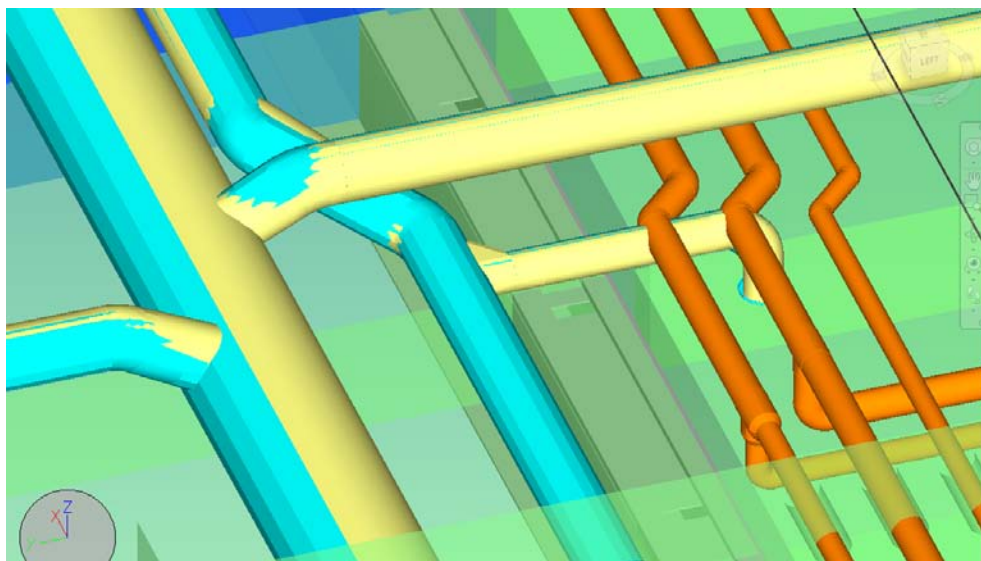


Fig. 5: Kollisionskontrol internt i en installationsfagmodel.

Potentielle gevinster

- Udbud/tilbud: **Evaluering af tilbud via bygningsmodellen, tidsbesparelse (tilfalder bygherre-/rådgiver).**
Et gevinstpotentiale for totalentreprenøren i forhold til fagentreprenører. Der ligger et gevinstpotentiale i at knytte udbud og tilbud til en digital bygningsmodel. For det første giver det en sikkerhed for at alle poster er med i tilbudslisten, og for det andet giver koordineringen via modellen mulighed for at kunne evaluere tilbuddene op mod sit eget estimat, der er modelbaseret.
- Udbud/tilbud: **Genbrug af bygningsmodeller til tilbudsregning fra fagentreprenører (tilfalder fagentreprenører).**
MTH anvender en modelbaseret metode ved beregning af tilbud. Denne metode kan udvides til også at omfatte fagentreprenørernes tilbudsregning. Dette vil give en større sikkerhed for kvaliteten af tilbud samt at gøre aftaler konsistente og transparente.
- Produktionsforberedelse: **Genbrug af bygningsmodeller ved byggepladsindretning (tilfalder rådgivere og entreprenører).**
Der ligger et gevinstpotentiale i at anvende 3D modelbaserede værktøjer til planlægning af byggeplads og produktion. Planlægningsproblematikken er rumlig, arbejdskure i højden, kran-kinematik osv., og løses bedst med 3D modeller. Her er der en rationaliseringsgevinst i at anvende den allerede udarbejdede bygningsmodel.
- Produktionsforberedelse: **Komponentspecifikation via model (Tidsbesparelse og datasikkerhed ved informationsoverførsel til leverandører og fagentreprenører).**
Ved at have konstruktionen repræsenteret som en digital model er der mulighed for direkte overførsel af modeldata fra rådgiverne til leverandørerne. Mange leverandører arbejder selv efter en 3D arbejds metode og kan således håndtere 3D data, som i mange tilfælde indgår i deres produktionssystem. Det gælder for casen stålleverandøren.
- Produktionsforberedelse: **Materialebestillinger håndteret digitalt (Tidsbesparelse og datasikkerhed samt reduktion af spild på materialer og tilsyn).**
Den digitale bygningsmodel kan anvendes til materialebestilling og lagerstyring. Det forudsætter, at modellen ikke alene er opbygget til tegningsgenerering, men er opbygget af objekter, der har fået tilknyttet egenskabsdata, målrettet mod dataudtræk af lister til materialebestillinger.

IKT-risiko måling

- Udbud/tilbud: **Håndtering af dokumentbaseret projektmateriale (vedrører alle eksterne parter)**
Ved ikke at udveksle bygningsmodeller, men at udveksle deres repræsentationer i form af tegninger og evt. styklister reduceres risici for manglende kompetencer hos de parter, der ikke er fortrolige med at håndtere digitale bygningsmodeller. Dette er specielt aktuelt for fagentreprenørerne og leverandørerne. Der er dog den risiko her, at der mangler information i det udleverede tegningssæt. Dette kan dog rimelig simpelt tilvejebringes ved efterspørgsel hos modeleveren hvis man konstaterer mangler.
- Produktionsforberedelse: **Eksterne parters kompetenceniveau (Alle eksterne parter)**
At arbejde efter en 3D arbejds metode forudsætter at alle aktører hos de involverede parter (også de udførende, fagentreprenører og leverandører) har de nødvendige digitale og 3D kompetencer. Dette betyder at effekterne fra et fuldt udrullet IKT-koncept er væsentlig afhængig af

det reelle kompetenceniveau hos de konkrete aktører hos casens eksterne parter. Som minimum må man undersøge om kompetencerne er til stede før man inddrager dem i konceptet.

Hovedproces 3: Udførelse på byggeplads

I udførelsen blev, som tidligere nævnt, de digitale bygningsmodeller ikke anvendt direkte. Visse af fordelene ved at arbejde modelbaseret i projekteringsprocessen slog dog igennem på byggepladsen. En modelbaseret projekteringsmetode vil, i det omfang man anvender de koordineringsmæssige værktøjer og metoder, give et projektmateriale, der er bedre koordineret og mindre fejlbehæftet end det, som en dokumentbaseret arbejdsmetode traditionelt tilbyder. Dette gælder uanset om man anvender digitale modeller eller tegninger på byggepladsen. Da totalentreprenøren MTH dækker de to hovedfunktioner, rådgiver på ingeniørdisciplinerne og udførelsen, har de tidligere opbygget et meget højt niveau på kvalitetssikringen og bygbarheden af projekteringsmaterialet. Der har således ikke i denne case kunne måles en markant højere kvalitet af projektmateriale med den ny 3D arbejdsmetode, men Design & Engineering afdelingen har dog vurderet at kvalitet er på samme niveau eller lidt højere. Den koordinering, der implicit ligger i at arbejde modelbaseret kan forklare dette lidt højere niveau.

Resultatet af denne koordinering og fokus på udførelsen under projekteringen betyder færre fejl og uklarheder i projektmateriale og derfor færre stop under bygning og montage på byggepladsen.

Det man ikke har udnyttet i denne case er at anvende bygningsmodellerne i hovedaktiviteterne under opførelsen. Kollisionskontrol mellem fagentreprise-modeller og konstruktionsmodellen er ikke gennemført. Der er kun i begrænset omfang trukket projektdata ud af modellen til logistik, bestillingslister osv. Modellen er ikke blevet anvendt til visualiseringer i større omfang til kommunikation mellem aktørerne. Modellen er ikke anvendt til simuleringer af udførelsesprocesser eller økonomi- og tidsstyring.

Ved senere projekter har MTH imidlertid implementeret modelbaserede værktøjer og metoder i nogle af disse processer. Nogle af disse processer er taget med i denne casebeskrivelse, selv om de ikke er udnyttet i denne case. Det er potentialer, som er udløst i senere projekter.

Airteam: Virksomheden har haft ansvaret for ventilationsentreprisen. De har allerede udviklet en 3D arbejdsmetode i detaljprojektering og udførelse af deres entrepriser. De anvender programmet MagiCAD, et Autodesk produkt, som de styrer deres produktion efter. Deres fagmodel bygger på tegninger fra konstruktionsmodellen, så der var ingen genbrugsgevinst på modelniveau her.

CSK Stålintustri. Virksomheden har haft ansvaret for stålentreprisen, produktion og montage. CSK har allerede etableret en 3D arbejdsmetode ved projekteringen af deres opgaver. På den måde simulerer de konsistensen af en konstruktion og vil opdage form og dimensionsfejl allerede før montage. Som led i deres kontrol bliver modellerne tjekket af rådgiverne. KPMG's komplekse geometri gjorde denne rumlige kontrol ekstra nødvendig.

Kilder:

De følgende beskrivelser af rationaliseringsgevinster bygger på interviews med: Frank Smidt, projekteringleder på KPMG, MTH, Rasmus Hyldekvis Jensen, projektchef på KPMG, MTH. Rene Øksengaard, Designingeniør/Civilingeniør, Design & Engineering MTH, Lennart Lyngø Larsen, projektingeniør, MTH.

Indirekte effekter

- Produktion: **Større sikkerhed for afsætning af bygningsdele (fundamentspæle) på byggepladsen (A, tilfalder entreprenør) RØ**

Den modelbaserede generering af pælelister med koordinater m.v. for korrekt placering på byggepladsen gav udover tidsbesparelsen også sikkerheden for at koordinaterne var korrekte. Dette blev vægtet højt. Hvis man manuelt skulle taste koordinater, rotation og koter ind for 2500 pæle, ville der utvivlsomt opstå en række indtastningsfejl, som måske først ville blive opdaget, når pælen var rammet ude på pladsen - og her vil det blive meget dyrt. Ved brug af pæleværktøjet var der sikkerhed for korrekte data - altså forudsat pælene var placeret korrekt i modellen. Dette vil kunne kontrolleres digitalt.



Fig. 6: Foto der viser stålkonstruktionen over ét af 3 atrier. Der blev anvendt 3D modelleringsværktøjer af CSK ved projekteringen af den komplekse geometri. Kilde: HSHansen website.

- Produktion: **Færre montagestop og udbedringer på byggepladsen grundet 3D konsistenskontrol/fejlfinding på stålkonstruktionen (500.000 – 1.000.000 kr., tilfalder entreprenør, leverandør, rådgiver) FPS + RHJ**

Der blev ikke udvekslet modeller mellem arkitekt og konstruktionsrådgiverne. Koordinering og konsistenskontrol blev udført dokumentbaseret. Stålentreprenøren, CSK Stålindustri, arbejdede med en 3D konstruktionsmodel og udvekslede på modelniveau med arkitekten. Herved blev der sent i processen konstateret 4-5 alvorlige fejl i stålkonstruktionen over atrierne, som ville, hvis ikke rettet, have givet en omkostning på byggepladsen på mellem ½ - 1 mio.kr (vurderet af FPS, MTH). Da fejlene blev fundet under projekteringen blev ansvaret for fejlen ikke efterforsket. Derfor er gevinsten placeret hos alle tre aktører. Problemet er sandsynligvis opstået ved konflikten mellem dokumentbaserede arbejdsmetoder og modelbaserede arbejdsmetoder i samme projekt. Under udførelsen blev der kun registreret 2-3 fejl. Disse fejl var små, der ved udbedring kostede ca. 35.000. Disse mindre fejl vurderedes at være fejl under udførelsen og ikke forårsaget af manglende koordinering, hvorfor hovedentreprenøren dækkede dem.
- Produktion: **Mere rationel tidsplanlægning ved IKT støtte (ikke målt, tilfalder hovedentreprenøren) LLL**

Tidsplanlægningen blev ikke i casen understøttet af bygningsmodellerne. Der blev ført en traditionel tidsplanlægning i casen. Til TrimByg-møder med de involverede fagentreprenører blev der anvendt programmet Design Review fra Autodesk til at lave studeplaner. Disse studeplaner

blev udarbejdet med udgangspunkt i AutoCAD plantegninger, som oprindeligt var genereret fra bygningsmodellen. Stadeplanerne repræsenterer en gevinst i forbindelse med kommunikationen med fagentrepreneurerne, men repræsenterer ikke en gevinst ved automation eller direkte genbrug fra bygningsmodellen efter IKT-konceptet.

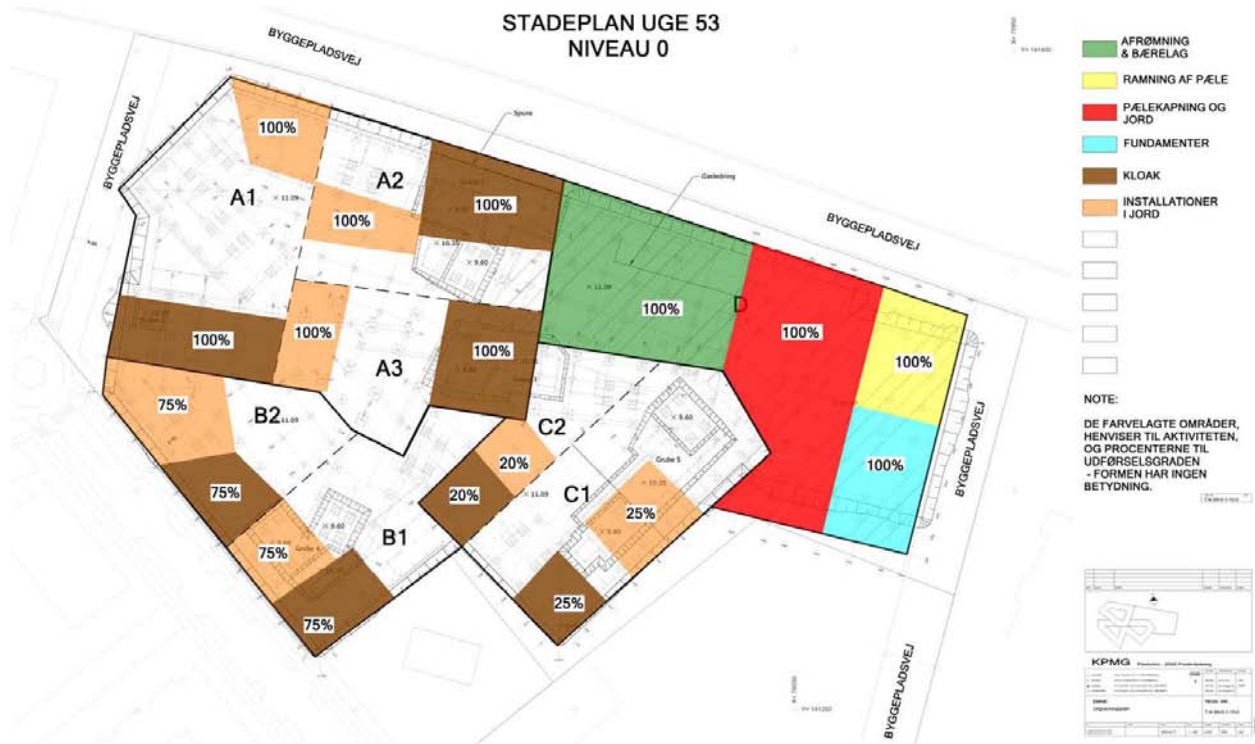


Fig. 7: Figuren viser en stadeplan, der angiver de forskellige arbejders færdighedsgrad. Her blev anvendt 2D tegninger genereret fra konstruktions-fagmodellen. Kilde: MTH.

- Produktion: **Tidsbesparelse ved projektgranskning via modelbilleder (B, tilfalder entreprenørerne) FPS+RHJ**

Den komplekse geometriske udformning af byggeriet gav udfordringer ved opfattelsen/forståelsen af bygningsstrukturen ved hjælp af 2D plantegninger – eksempelvis en række plane snit som skulle kædes sammen i 3D i hovedet til en 3D form. Her var rumlige billeder og vignetter tilknyttet tegningsmaterialet, nyttige og tidsbesparende til opfattelsen af bygningsstrukturen. De blev vurderet ret høj, da de var vitale for granskningen.
- Produktion: **Aflevering til tiden, ikke alene forårsaget af IKT-konceptet (Ikke værdisat, tilfalder hovedentreprenøren-) FPS+RHJ**

At byggeriet blev færdigt til tiden er ikke IKT-konceptets fortjeneste. Punktet er taget med her, da det også er interessant, at IKT-konceptet på den anden side ikke har betydet en tidsmæssig forøgelse af produktionstiden. Rent faktisk blev byggetiden forlænget med ca. 3 mdr. men det skyldtes alene ekstreme vejrmæssige forhold.

Afledte effekter

Der er ikke registreret afledte gevinster

Potentielle gevinster

- Produktion: **Bedre indkøb og logistik ved hjælp af BIM (tilfalder hoved- eller totalentreprenør)**

Blev ikke implementeret i casen. Ved senere projekter er der forsøgsvist anvendt værktøjer, der kan håndtere tidsplanlægning, bestilling og registrering af fremdrift under udførelsen ved hjælp af bygningsmodeller. Forsøgene har været lovende og vil blive implementerte i nærmeste fremtid.

- Produktion: **Bedre cashflow og projektøkonomi ved anvendelse af modeldata (tilfalder hovedentreprenør)**

En anvendelse af digitale bygningsmodeller på byggepladsen er til registrering af fremdriften i byggeprocessen for de forskellige fagentreprenører. Ved at lade udbetalingeren følge den reelle fremdrift vil der kunne spares renteudgifter.

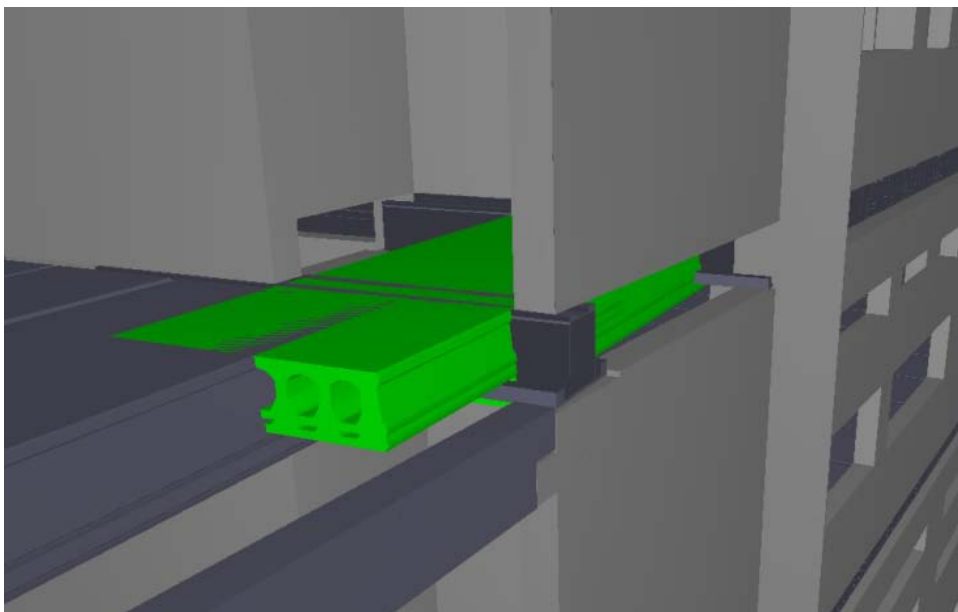


Fig. 8: Kollisionskontrol på konstruktionsfagmodellen, der viser en kollision mellem betondæk og stålbjælke. Kilde MT Højgaard, PFA projektet.

- Produktion: **Bedre bygbarhed gennem kollisionskontrol og processimulering (tilfalder entreprenører)**
Der er en række værktøjer, der kan hjælpe entreprenøren på byggepladsen. Kollisions- og konsistenskontrol er et område med meget store gevinstpotentialer med meget få omkostninger, når modellerne er etableret. Processimulering og tidsstyring som f.eks. gennem location based scheduling har også store potentialer, men vil større investeringer og kompetenceløft. MT Højgaard udfører i dag kollisionskontrol på bygningsmodellerne.
- Produktion: **Bedre projektstyring af tid og økonomi ved anvendelse af bygningsmodel (tilfalder entreprenøren)**
IKT-konceptet åbner mulighed for gevinster for entreprenøren ved at anvende bygningsmodellen aktivt i produktionsprocesserne. Det gælder tidsstyringen af produktionen (4D) og økonomistyringen (5D). Afledte processer, hvor bygningsmodellen kan være et værktøj, er indretning af byggeplads, placering af depoter og materiel, forbrug og indkøb af materialer løbende og udarbejdelse af 'mangellister'.
- Aflevering: **Aflevering af 'as built' dokumentation til byg- og driftsherre (tilfalder byg- og driftsherren)**

Bygningsmodeller indgik ikke i casens aflevering. Der blev dog udført en digital aflevering ved at en af MTH's medarbejdere tastede D&V data ind i driftsprogrammet CoreFM for bygherren. Den aktivitet der gik udover den alm. aflevering (indtastning i CoreFM) blev betalt af bygherren som tillægsydelse. Et potentiale for byg- og driftsherren ligger i at få adgang til en digital bygningsmodel indeholdende drifts.og forvaltningsdata.

IKT-risikovurdering

- Produktion: ***Manglende anvendelse/genbrug af modeldata i udførelsen (vedrører entreprenører og leverandører)***

En risiko optræder når IKT-konceptet kun er nået til et udviklingstrin, hvor projekteringen støttes af bygningsmodeller, men hvor de efterfølgende processer ikke arbejder modelbaseret. Der kan være flere grunde til dette. Man kan have valgt at implementere BIM i organisationen i små trin. Hvis man vælger at lade hele implementeringsindsatsen ligge i få processer, opnår man kun en suboptimering af disse og man høster ikke de potentialer, der ligger i genbruget af modeldata i de efterfølgende processer internt og eksternt.

- Produktion: ***Manglende kompetencer hos samarbejdsparter (vedrører alle parter)***

Risikoen for manglende kompetencer ligger dels internt i den enkelte virksomhed og dels i de andre, samarbejdende virksomheder. Indenfor egen virksomhed må fokus lægges på at understøtte alle processer med modelbaserede værktøjer. Ikke bare de modelproducerende, men også de modelanvendende. Modtagerne af modeldata må have kompetencer til at håndtere dem i deres faglige processer. Derfor handler kompetencer ikke om at kunne mestre værktøjer/software, men at kunne forstå at anvende dem integreret i sin faglige praksis.

- Produktion: ***Manglende adgang til software og hardware (vedrører fagentrepenører, håndværkere)***

Udover at have kompetencer til at håndtere digitale bygningsmodeller på byggepladsen må der stilles programmer og computere til rådighed på byggepladsen. Computere er ofte til stede i skurvognene, men anvendes overvejende til at kommunikere over internettet, projektweb, emails osv. En ren viewer funktion vil ikke stille større krav til computerens cpu. Harddisken kan suppleres.

- Produktion: ***Teknologiske barrierer: Mangler i IKT værktøjer og ved udveksling (vedrører alle parter)***

Den anvendte software er ofte på et generisk niveau. Det betyder, at den skal konfigureres i forhold til de konkrete, virksomhedsspecifikke anvendelser. Dette arbejde må udføres fra en central platform i den enkelte virksomhed. Det drejer sig om IKT-specifikationer, templates, applikationer, plug-ins osv. I denne case er der et eksempel på krav til udvikling af plug-in i forbindelse med pælelister.

Opsummering af effektmålingen

I det følgende opsummeres resultaterne af casens effektmåling.

Opsummeringen er foretaget med udgangspunkt i følgende præmisser:

- Der er kun medtaget de gevinster og omkostninger, der er erkendt af casens aktører. Det være sig gevinster målt i kroner eller %'er og gevinster målt i forhold til gevinstniveau. Der er sandsynligvis andre effekter i casen, der ikke er erkendt og realiseret af de deltagende aktører.

- Der er kun medtaget de effekter, der stammer fra det udsnit af parter og i de delprocesser, der er udvalgt i et samarbejde mellem ØG-DDB projektgruppen og de aktører, der repræsenterer casen. Der kan således ikke udregnes samlede gevinster for casen, men kun repræsentative gevinster på delprocesser.
- De gevinster, der angives i procent, er overvejende %-angivelser af de delprocesser, hvor gevinsten er målt. Disse procenter angives i *kursiv*. Procenter angivet med normal tekstfont er procenter af hele entreprisesummen.
- Opsummeringen er overordnet opdelt i de forskellige hovedprocesser og fordelt på de i målingerne indgående projektparter. I tabellerne kan man direkte aflæse gevinster og omkostninger på virksomhedsniveau.
- Potentielle gevinster er ikke medtaget her, da de per definition ikke optræder i casen.

Virksomhedsniveau: Gevinster og omkostninger fordelt på de enkelte parter

Hovedproces 1: Projektering med brug af fagmodeller for rådgiverne										
Delprocesser	Gevinsttype	Hovedentreprenør	Hovedrådgiver	Rådgivere	Entreprenører	Bygherre	Driftsherre	Brugere	Gevinst målt i kr. eller procenter	Gevinstniveau for ikke finansielle effekter
Hovedrådgiver:										
Implementering af en 3D arbejdsmetode	Direkte									A
Etablering af digitalt komponentbibliotek	Direkte									A
Kompetenceløft af projekteringsmedarbejdere	Direkte									A
Høj kvalitet projektmateriale i form af tegninger ved hjælp af 3D arbejdsmetode	Direkte									A
Tidsbesparelse ved tegningsfremstilling ved hjælp af 3D arbejdsmetode ved 3 gennemløb									-20 % 0 10 %	
Mulighed for større kompleksitet i bygningsdesignet	Direkte									A
Branding af anvendelse af IKT gennem visualisering og animationer af bygningsmodel	Indirekte									A
Fastholdelse og rekruttering af dygtige medarbejdere	Indirekte									A
Bedre kommunikation med samarbejdsparter	Indirekte									A
									0	Højt
Målte gevinster ved 1. gennemløb total									0	Højt

Omkostninger				
Indkøb, support, drift, fordelt over 3 projekter				*173.000
Implementeringsomkostninger fordelt over 3 projekter				*333.333
Målte omkostninger total				*506.333

*Omkostningerne er afskrevet over 3 projekter.

Hovedproces 2: Udbud/tilbud og produktionsforberedelse										
Delprocesser	Gevinst- type	Hovedentreprenør	Hovedrådgiver	Rådgivere	Entreprenører	Bygherre	Driftsherre	Brugere	Gevinst målt i kr. eller procenter	Gevinst- niveau for ikke finansielle effekter
Hovedentreprenør:										
Tidsbesparelse ved modelbaseret procedure ved kalkulation af tilbud	Indirekte								90 %	
Tidsbesparelse ved automatisk udtræk af objektdata fra model (pæle)	Indirekte								70 % 80.000	
Rationel byggepladsplanlægning med IKT	Indirekte									Ikke målt
Tidsbesparelse ved kommunikation og projektforståelse for underentreprenørerne	Afledt									C
Fagentreprenør, Ventilation										
Tidsbesparelse ved detaljprojektering	Afledte								-	
Leverandør, Ståltrepreisen										
Tidsbesparelse ved detaljprojektering	Afledte								-	
Målte gevinster for hovedentreprenør total									80.000	Middel
Omkostninger										
Hovedrådgiver										-
Fagentreprenør, Ventilation									0	
Fagentreprenør, VVS									0	
Fagentreprenør, Stål									0	
Målte omkostninger ialt									0	

Hovedproces 3: Udførelse på byggeplads										
Delprocesser	Gevinst- type	Hovedentreprenør	Hovedrådgiver	Rådgivere	Entreprenører	Bygherre	Driftsherre	Brugere	Gevinst målt i kr. eller procenter	Gevinst- niveau for ikke finansielle effekter
Hovedrådgiver:										
Sikkerhed for afsætning af bygningsdele										A
Færre montagestop grundet 3D modelkonsistenskontrol	Indirekte								750.000	
IKT til støtte for tidsplanlægning	Indirekte								0	
Rationel tidsplanlægning ved IKT støtte	Indirekte									Ikke målt
Afleverer til tiden på grund af færre fejl og dermed processtop på byggepladsen	Indirekte									Ikke målt
Tidsbesparelse ved projektgranskning	Indirekte									B
Godt samarbejdsclima på byggepladsen	Afledte									
Bedre kvalitetssikring af byggeriet	Afledte									
Fagentreprenør, Ventilation										
Hurtigere gennemførelse af fagentreprise	Intern								Se case02	
Fagentreprenør, Stål										
Evt. udbedring af fejlløser (del af)	Afledte								(del af 750.000)	
Målte gevinster for hovedentreprenør total									750.000	Højt
Omkostninger										
Hovedrådgiver		Registreret under hovedproces 1								
Fagentreprenør, Ventilation									0	
Fagentreprenør, VVS									0	
Fagentreprenør, El									0	
Målte omkostninger ialt									0	

Tabel 1: IKT-konceptets målte gevinster og omkostninger opgjort på projektniveau.

Samlet resultat for hovedentreprenør og ingeniørrådgiver for finansielle gevinster										
Delprocesser	Gevinst- type	Hovedentreprenør	Hovedrådgiver	Rådgivere	Entreprenører	Bygherre	Driftsherre	Brugere	Gevinst målt i kr.	Gevinst- niveau for ikke finan- sielle effekter
Hovedentreprenør/rådgiver (samlet byggesum 1 mia. kr., konstruktionsrådgivning 6 mio.kr.)										
Hovedproces 1 Projektering med brug af fagmodeller	Direkte								0	Højt
Hovedproces 2 Udbud/tilbud og produktionsforberedelse	Direkte								80.000	Middel
Hovedproces 3 Udførelse på byggeplads	Direkte								750.000	Højt
Målte gevinster for hovedentreprenøren total	Direkte								830.000	Højt
Omkostninger										
Samlede omkostninger for IKT-konceptet, hovedentreprenør/rådgiver									*506.333	
Samlet nettoresultat for hovedentreprenøren/rådgiver									*323.667	

*Omkostningerne er afskrevet over 3 projekter.

Tabel 2: IKT-konceptets målte gevinster og omkostninger opgjort på virksomhedsniveau, hovedentreprenør/rådgiver.

Beskrivelse til gevinster og omkostninger

IKT-konceptets hovedaktiviteter ligger i hovedproces 1, hvor en større entreprenør har implementeret en 3D baseret arbejdsmetode i sin ingeniørrådgiver-afdeling, primært rettet mod modelopbygning af en konstruktionsfagmodel, hvor det primære formål i første omgang er at generere byggetekniske tegninger på et højt kvalitetsniveau. IKT-konceptet beskriver således et første trin mod en implementering af en integreret 3D arbejdsmetode i hele entreprenørens procesforløb fra ingeniørrådgivning bredt over udbud/tibud, udførelse og til aflevering. Casen repræsenterer her udover første gennemløb af IKT-konceptet i en konkret byggesag.

Der er således to væsentlige forhold ved måling og bedømmelse af gevinster for IKT-konceptet. For det første ligger investeringer og gevinster hovedsageligt i hovedproces 1, Hovedprojekteringen af konstruktionsmodel og tegningsgenerering, og for det andet overgår investeringerne gevinsterne i det første gennemløb, den aktuelle case. Der er derfor i den følgende beskrivelse udarbejdet to regneeksempler. Det ene medtager de faktiske omkostninger og gevinster ved første gennemløb uden afskrivninger. Det andet eksempel afskriver omkostningerne over 5 projekter af casens størrelse.

Det vurderes fra Design & Engineering afdelingen, at den nye 3D arbejdsmetode forårsagede en meromkostning på ca. 1 mio. kr. i forhold til den tidligere dokumentbaserede arbejdsmetode. Denne meromkostning er udtrykt i procenter 20 % i arbejdstid udover den tidligere proces. En del af denne meromkostning blev konverteret til aktiver i form af 1) Implementering af en 3D modelbaseret arbejdsmetode hos et stort antal medarbejdere, 2) Udarbejdelse af et digitalt komponentbibliotek for bygningsdele, der indgår i digitale bygningsmodeller og 3) Kompetenceløft hos et stort antal medarbejdere i projekteringsafdelingen og IT-afd. Værdien af de 3 aktiver er af D&E vurderet til ca. 500.000 kr. og de er nyttiggjort i de efterfølgende projekter, der alle har fulgt dette IKT-koncept. Den reelle meromkostning for indkøring af nye arbejdsmetoder og nye værktøjer er således ca. 500.000 kr. Gevinsten i projekteringsprocessen har mest ligget på det kvalitative område. Man har fået udarbejdet et tegningsmateriale på et højt kvalitativt niveau som er vurderet til at være bedre internt koordineret end tidligere og udført indenfor planlagt tidsramme, man har anvendt modellerne til at brande virksomheden indenfor BIM og man har registreret et bedre samarbejdsklima mellem medarbejderne og sikret sig en fastholdelse af dygtige medarbejdere. Når man ser på de direkte effekter af dette i denne case har det betydet et merforbrug af tid svarende til ca. 500.000 kr. eller 10 %. Ved det efterfølgende byggeprojekt, hvor man har kunne udnytte aktiverne fra denne case, har man ikke registreret et merforbrug af tid i forhold til tidsforbruget før IKT-konceptet. Og ved de efterfølgende byggeprojekter, der har anvendt IKT-konceptet har der været en tidsbesparelse på ca. 10 % eller 500.000 kr. omregnet i penge, for et projekt med et omfang svarende til casen.

Hvis man fordeler/afskriver de initiale omkostningerne over 3 projekter får man følgende effekter for tidsbesparelser: Ved første gennemløb: -500.000 kr., ved andet gennemløb: -500.000, ved tredje gennemløb: 0 kr., ved fjerde gennemløb og derefter: +500.000 kr. Man kan således betragte investeringerne forbundet med implementeringen af en ny modelbaseret arbejdsmetode som værende beskedne med en beskedne meromkostning ved de to første gennemløb og med rationaliseringsgevinster allerede efter tredje gennemløb.

Hertil kommer, at D&E afdelingen helt overvejende anvendte de digitale modeller til tegningsfremstillingen, som traditionelt udgør ca. 35 % af hovedprojekteringen. De andre aktiviteter, hvor konstruktionsberegningerne udført af ingeniørerne udgør en væsentlig del, anvendte ikke modeldata til deres aktiviteter. De udførte deres processer traditionelt dokumentbaseret, byggende på 2D tegninger fra modellerne. Der blev altså ikke genbrugt modeldata til beregningerne ved udtræk eller anvendt modelbaserede værktøjer, men i stedet regneark med manuel indtastning af data. Der ligger her et stort potentiale for rationaliseringsgevinster, hvis man etablerer forudsætningerne for dette. Dette potentiale blev ikke indløst i form af gevinster i denne case.

Området konsistenskontrol udviser en stor gevinst i casen. I sagens natur er en gevinst på dette område en sparet fejludbedring på byggepladsen. Koordinering mellem fagdiscipliner via fagmodeller og fællesmodeller blev ikke gennemført systematisk i casen grundet usikkerhed vedr. ansvar og kompetencer ved dette første gennemløb af IKT-konceptet. Det blev heller ikke udført modelbaseret kollisionskontrol mellem rådgivernes fagmodeller, men der blev i forbindelse med stålentreprenørens kontrolprocedure udført konsistenskontrol mellem hans stålmodel og arkitektens fagmodel. Herved blev der opdaget 4-5 store fejl i konstruktionen, som blev opdaget og rettet inden produktionen. Dette sparede parterne for en udgift i størrelsesordenen ½ til 1 mio. kr. Dette viser de store gevinstpotentialer der ligger her.

Dataudtræk fra model til styklister blev ikke anvendt i forbindelse med priskalkulation i denne case, men er efterfølgende hos entreprenøren gået ind i som fast rutine ved tilbudsgivning. Tidsbesparelsen for prisberegningen er af D&E afdelingen vurderet til 90 %, som overvejende er automation ved opmåling

og udarbejdelse af styklister. Rationaliseringsgevinsten er som anført ikke indløst i denne case, men er indløst i alle efterfølgende byggeprojekter.

Dataudtræk fra model blev anvendt til pælelister, hvor de væsentlige pæledata for placering på pladsen var anført. Pælelisterne blev anvendt af landmåleren til afsætning af 2.500 pæle i de korrekte koordinater og orientering. Pælelisterne blev udført som et udtræk fra bygningsmodellen med en plug-in til Revit. Denne metode gav en tidsbesparelse på 70 % ved genbrug af modeldata i forhold til en manuel indtastning (5 mandeuger blev reduceret til 1,5 uge). Yderligere gav denne modelbaserede metode en sikkerhed for folkene på byggepladsen for den korrekte placering og orientering af pælene. En indtastningfejl i den manuelle proces vil være meget omkostningstung på byggepladsen.

På virksomhedsniveau har entreprenøren for en relativ beskedent meromkostning fået implementeret en 3D baseret arbejdsmetode i en af sine kerneprocesser, tegningsproduktionen. IKT-konceptet er fokuseret på generering af tegninger af en høj kvalitet, men må betragtes som et første trin i en udvikling imod en 3D arbejdsmetode, der er rullet ud over virksomhedens hovedprocesser. Meromkostningen ved tegningsproduktionen er relativ stor, 20 %, når man snævert betragter virksomhedsdelen på et enkelt projekt, men betragter man omkostningerne på virksomhedsniveau må den vurderes som beskedent. Investeringen vurderes at være tjent ind efter andet gennemløb. Effekten for projekteringsafdelingen har været et tegningsmateriale af en høj kvalitet og bedre internt koordineret end tidligere samt en opkvalificering af medarbejderstaben. Samtidig betyder det en fastholdelse af dygtige medarbejdere ved anvendelse af 'state of the art' metoder og værktøjer. På byggepladsen har effekterne ikke været store, da IKT-konceptet i denne første version ikke omfattede udførelsen direkte. Dog fremviser casen eksempler på anvendelse af modeldata ved udførelsen, hvor eksempelvis et automatisk udtræk af modeldata i forb.m. pæleentreprisen viser betydelige besparelser ved datagenbrug. Ved senere projekter er dataudtræk anvendt til priskalkulation, varebestilling m.v. Dette vurderes som indirekte og afledte effekter - forskudt tidsmæssigt i forhold til casen, men initieret af IKT-konceptet.

På projektniveau er der registreret en stor gevinst. Ved at udføre en konsistenskontrol mellem to parter fagmodeller blev flere grove fejl opdaget og rettet før produktion. Det sparede projektet for en ret stor meromkostning ved udbedring. Ansvar for fejlen blev ikke efterforsket, da fejlen blev opdaget i tide. Gevinsten ligger på projektniveau, da den skyldes et modelbaseret samarbejde mellem parterne. Der blev dog ikke i casen udført systematisk kollisionstjek mellem fagmodellerne. Dette skyldes, at IKT-konceptet ikke omfatter et integreret designsamarbejde mellem flere parter, selv om dette lå som målsætning ved projektstart. Modelbaseret datagenbrug mellem forskellige parter er kun registreret i beskedent omfang mellem de konstruktionsprojekterende og de udførende. Da de begge tilhører samme virksomhed er disse gevinster placeret på virksomhedsniveau. En potentiel gevinst for byg- og driftsherren er ikke indløst, da bygherren ikke har efterspurgt projektdata i modelform.

Barrierer og forudsætninger for implementering

Diskussion af teknologien

Ved vurdering af BIM orienterede værktøjer, er det vigtigt at gøre sig klart, at de repræsenterer en teknologi, som er under udvikling. Programmerne er ikke optimerede til totalløsninger af de opgaver, brugeren skal løse. Værktøjerne indgår i en dynamisk udviklingsproces, hvor brugeren anvender programmer i det omfang de kan løse opgaver mere rationelt. Det betyder på den ene side, at de indgår i et projektforløb sideløbende med andre, dokumentbaserede rutiner i virksomhederne, og på den anden side at de ikke funktionelt altid fuldt støtter en aktuell delproces og afledte processer. Udfordringen for en virksomhed er at specificere et IKT-koncept, som kan drage optimal nytte af funktionaliteten i tekno-

logien. Dvs. lægge et ambitionsniveau for sine arbejdsmetoder, der kan nyttiggøre teknologien og som man kan mestre kompetencemæssigt.

I denne case anvendte den projekterende afdeling i en større entreprenørvirksomhed modelleringsværktøjet Revit Structure til konstruktionsprojekteringen (beton og stål). Arkitektrådgiveren anvendte et tilsvarende modelleringsværktøj, Revit Architecture. Installationsprojekteringen blev ikke udført modelbaseret. Der blev ikke anvendt konsistenskontrolværktøjer. Virksomheden har få licenser af Solibri MC, men anvendte dem ikke til kollisionskontrol m.v. grundet manglende afklaring af ansvar med arkitekten og fordi installationsprojekteringen ikke var modelbaseret. Koordineringen foregik via tegninger, som delvis er modelgenererede samt visuelt med anvendelse af NavisWork. Kollisionskontrol ville have været mulig, da man mellem arkitektur, beton og stål kunne udveksle proprietært, altså på den teknisk set mindst problematiske måde.

På trods af begrænsninger i detaljeringsniveauet i modelleringsværktøjerne fik man fremstillet et høj-kvalitet tegningsmateriale. Arbejdstegninger genereret fra modellerne blev suppleret med 2D tegneeditor for detaljer. Herved mister nogle entiteter den direkte forbindelse til modellen, men da denne ikke anvendes på dette niveau har det ingen betydning. Der er dog overvejelser om at undersøge konstruktionsmodelleringsværktøjer på markedet, der er mere detaljeorienteret (stålarmering, boltesamling, skærelister o.l.)

Der blev ikke foretaget simuleringer eller beregninger, der anvendte modeldata fra fagmodellerne. Konstruktionsafdelingen udførte beregninger 'manuelt' ved hjælp af regneark grundet arbejdsdelingen mellem modelfolk og beregningsfolk, som bygger på tradition og faglige kompetencer og status. Der er på markedet en lang række beregnings- og simuleringssoftware, som kan løse disse opgaver.

Projektweb fungerer teknisk tilfredsstillende for konceptet, og funktionaliteten er udnyttet i projekteringsfasen ved filudveksling.

Dataudtræk blev anvendt i beskedent omfang. I det omfang fagmodellerne er specificeret til at indeholde relevante egenskabsdata kan dette potentiale udnyttes i stor udstrækning alene fra de digitale bygningsmodeller. Der var eksempler på udtræk af geometridata, som ikke kræver den store egenskabspecification, ved eksempelvis pælelister med koordinater. Her måtte der udviklet et specielt plug-in for at få eksisterende modeldata ud i tabelform. Dette problem skyldes enten at modellen ikke er forberedt til denne funktion og/eller begrænsninger i softwarens funktionalitet. Ved en risikovurdering af en ny funktion må man påregne med en vis udviklingsindsats. Dette kan påvises ved den lange række af plug-ins og applikationer, der er udviklet og stadig udvikles til anvendt software. Ved senere projekter har man udtrukket styklister indeholdende mere end geometridata til eksempelvis prisberegninger fra modeller opbygget til denne funktion.

Herudover har man anvendt digitale værktøjer til stædeplaner, byggepladsindretning, men har ikke anvendt fagmodellerne til dette, men alene deres repræsentation i 2D tegningsform. Anvendes en 3D arbejdsmetode på byggepladsen vil der være software til rådighed for at understøtte funktionerne her, men der skal udvikles en arbejdsmetode i virksomheden og der skal på byggepladsen gives adgang til netværk med en større båndbredde og større computerkraft, end der er til stede i dag.

Diskussion af kompetencer

IKT-konceptet stiller relativt små krav til kompetencer til hovedentreprenøren. IKT-konceptet omfatter hovedsageligt konstruktionsprojekteringen, og her dækker det området at implementere en 3D arbejdsmetode i stedet for den tidligere dokumentbaserede metode og at anvende denne som grundlag

for at udarbejde et tegningsgrundlag, der er et udtræk fra konstruktionsmodellerne. Det betyder at det kompetenceløft, der er en forudsætning for IKT-konceptet, kan koncentrere sig om en relativ beskeden del af medarbejderne. For det første drejer det sig alene om projekteringsafdelingen og i denne kun den tegningsgenererende del, som svarer til ca. en tredjedel af bemanningen. Uddannelsesmæssigt omfatter denne del primært uddannelserne bygningskonstruktører og tekniske assistenter. Kompetenceløftet er etableret ved at sende medarbejdere på softwarekurser for modelleringsværktøjet Revit Structure.

IKT- konceptet betragtes, også af virksomheden, som et første trin i en udvikling mod mere integreret BIM. Når man skal integrere resten af projekteringsafdelingen i en 3D arbejdsmetode skal på den ene side man inddrage de andre fagdiscipliner, vvs og el, og på den anden side den store medarbejdergruppe, som bl.a. omfatter ingeniørerne, som tager sig af tekniske beregninger og dokumentation. Dette næste trin vil stille store krav til et kompetenceløft både til omfanget af modelleringssoftware indenfor nye områder og til beregningssoftware, som kan udnytte modeldata som input. Hertil kommer værktøjer på tværs for at sikre konsistens i og kvalitetssikring af modellerne, programmer der kan håndtere koordinering, konsistens og kollisionskontrol. For at dette kan fungere skal der indarbejdes metoder i virksomheden til at styre disse integrerede processer. En barriere her kan være de vante, indarbejdede procedure, som er bundet til de faglige uddannelser og medarbejderkompetencer, som vil være vanskelige at bryde op.

Når IKT-konceptet skal rulles ud på entreprenørdelen, kræver det et tilsvarende kompetenceløft her til håndtering af modellerne og software, som modelbaseret kan håndtere tid og økonomi, materialebestilling, mangelregistrering m.v. Det drejer sig ikke kun om at kunne anvende en modelviewer, men at kunne trække data ud og lægge data ind i modellerne. Her vil en yderlige udfordring være de meget forskellige kompetenceniveauer, der er hos fagentrepreneurne og leverandørerne. I casen er der eksempler på både fagentrepreneur (Airteam) og underleverandør (CSK Stålintustri), der allerede har et højt kompetenceniveau i forhold til en 3D arbejdsmetode.

For arkitekturrådgiveren gælder, at de lever op til IKT-konceptets kompetencekrav, da de tidligere har indarbejdet en 3D arbejdsmetode i deres faglige praksis, hvilket de har demonstreret i casen.

Projektweb er efterhånden så indarbejdet, at der ikke har været kompetenceproblemer hos parterne.

Diskussion af samarbejdsrelationer og projektintegration

Projektet blev gennemført på traditionel vis med MT Højgaard som hovedentreprenør. MTH styrede projektet for bygherren 'med åben bog', hvilket betyder at bygherren havde den fulde adgang til at se MTH over skulderen og følge fremdrift og økonomi tæt. MTH stod for projekteringen af konstruktion og installationer, så der var rige muligheder for en tæt integration mellem rådgiversiden og udførelsen. En integration der ikke blev udnyttet med hensyn til en fælles 3D arbejdsmetode. Projekteringen foregik både i 3D (arkitekt, konstruktion) og 2D (installationer) og hvor udførelsesdelen alene arbejdede dokumentbaseret (2D). Relationen til fagentrepreneurne og leverandører var traditionelt 2D dokumentbaseret.

Ved projektstart var der ønske om at arbejde integreret om 3D bygningsmodeludveksling mellem arkitekt og konstruktionsingeniør. Dette blev fraveget af flere grunde. En af grundene var uklare samarbejdsrelationer og usikkerhed om ansvarsfordelingen i en ny samarbejdsform (3D arbejdsmetode). Sådanne uklarheder kan løses på det tekniske niveau ved sammen at udarbejde en IKT-specifikation (bips arbejdsredskab). Men det blev opgivet i dette, for hovedentreprenøren, første gennemløb grundet manglende erfaring på området.

Et eksempel på integration, repræsenteret ved modelbaseret konsistenskontrol mellem arkitekt- og stålfagmodel, viste sig at give gevinst ved at i tide at opdage flere alvorlige fejl i projekt materialet. Samtidigt demonstrerer eksemplet også den ikke præcise ansvarsfordeling mellem parterne, når der både er en dokumentbaseret og en 3D baseret arbejds metode i spil. Nu blev ansvaret ikke konstateret, da fejlene blev opdaget i tide, men ellers ville der have været en faglig tvist for fordeling af omkostningerne.

Diskussion af lovgivning/ ydelsesbeskrivelser/ honorarer

Denne case's IKT-koncept udfordrede ikke den traditionelle, faseopdelte måde at organisere et byggeprojekt på. IKT-konceptet omfatter helt overvejende processer indenfor de enkelte virksomheder og har ingen fordringer til nye arbejdsdelinger og øget integration mellem parterne. Dette går IKT-konceptet nemt at implementere, men udløser på den anden side ikke de potentielle gevinster, som en øget integration kan indebære. Alle parter har haft de roller og har leveret de ydelser, som man har forventet af dem ifølge dansk lovgivning og organisationsaftaler.

Casens eksempel ved aflevering til bygherren viser, at en udvidelse af afleveringsproduktet i form af indtastning af drift- og vedligeholdelsesdata i bygherrens FM program blev betragtet som en ekstra ydelsen, som blev betalt separat. Men bygherren fik også den traditionelle pakke, bestående af lang række dokumenter, tegninger og kataloger, som er specificeret i de fælles aftaler, men som måske ikke har den samme nytteværdi som data i FM programmet.

Konklusion

Det er muligt at arbejde modelbaseret for en lille investering

Hovedkonklusionen for case 04 er, at det er muligt for en relativt beskedne omkostning at implementere en 3D arbejds metode for en begrænset del af aktiviteterne i en større entreprenørvirksomhed. Casen viser en første gangs implementering af digitale bygningsmodeller i konstruktionsprojekteringen som erstatning for den tidligere dokumentbaserede procedure. Casen repræsenterer et IKT niveau på et relativt lavt niveau i forhold til en fuldt integreret 3D arbejds metode. IKT-konceptets ambitionsniveau går i første omgang alene på at producere et tegningsmateriale, der ligger på et højt niveau og en lille smule mere koordineret end den tidligere tegningsproduktion, der alene byggede på et indbyrdes, manuelt koordineret, sæt af 2D tegninger. IKT-konceptet kan betragtes som et første trin i virksomheden hen imod en fuldt integreret BIM arbejds metode. Ambitionsniveauer er realistisk i betragtning af virksomhedens størrelse og de eksisterende kompetencer hos virksomhedens medarbejdere. Man suboptimerer en enkelt proces indenfor en enkelt fagdisciplin, nemlig her konstruktionsprojekteringen, og anvender overvejende den del, der har med tegningsproduktionen at gøre.

Små trin – små gevinster

Indeholdt i casens IKT-koncept ligger også, at det skal kunne sameksistere med andre, traditionelle og mere dokumentbaserede rutiner og forretningsgange i virksomheden og hos samarbejdsparter, som vil være for omkostnings- og kompetencetunge at ændre, og/eller hvor der ikke er udviklet modelbaserede metoder og værktøjer. Dette forhold er karakteristisk for denne case og lignende IKT-koncepter, der repræsenterer en trinvis implementering af BIM. Det har sine fordele, da det på den ene side ikke stiller de store krav til investeringer, da investeringer følger i samme takt som implementeringen og da krav til kompetenceløft og uddannelse også tages trinvist i medarbejderstaben. På den anden side vil et så snævert defineret IKT-koncept også betyde, at man ikke udløser de gevinstpotentialer, der ligger i en 3D arbejds metode, der er udrullet på tværs af processerne i sin egen virksomhed og integreret med samarbejdsparterne.

Rationaliseringsgevinst ved tegningsproduktion

Resultaterne viser da også at gevinster snævert forbundet med IKT-konceptet ikke er store i en snæver horisont. Tegningsproduktionen, som er genstandsfeltet, giver første gang en meromkostning på ca. 20 %, svarende til 1 mio. kr. Heraf vil dog den ½ mio. kr. være aktiver i form af et komponentbibliotek, efteruddannelse m.m., som bliver udnyttet i senere projekter. Ved andet gennemløb vurderes arbejdsmetoden at være neutral i forholdet omkostning/gevinst, og allerede ved 3. gennemløb blev det vurderet, at der var en rationaliseringsgevinst på 10 %. Dette er helt efter forventningerne og er konstateret i andre casestudier. Man må ligeledes forvente, at rationaliseringsgevinsten er yderligere stigende i de efterfølgende gennemløb.

En innovationsstrategi er vigtig

Udviklingsomkostninger i byggevirksomheder er ofte bundet tæt op til de enkelte byggeprojekter. Dette kan skyldes manglende strategier for innovation i virksomhederne eller et snævert konteringsystem, der er projektbaseret. Hvis virksomhederne ønsker innovation må man forholde sig til disse forhold. Casens større entreprenør (MTH) har sat et BIM strategiarbejde i gang og har bl.a. i samarbejde med forsknings- og uddannelsesinstitutioner (DTU) etableret 2 erhversPhD'ere indenfor BIM, ét der dækker projekteringsområdet og ét der dækker udførelsen. Dette viser et fokus på integrationen mellem de to hovedområder, der er indeholdt i virksomheden og som udviser store gevinstpotentialer, da der her er store muligheder for at anvende og genbruge data fra projekteringen til udførelsen. Disse gevinster er dog ikke udløst i denne case, der ikke repræsenterer integration mellem fag.

Genbrug af data giver gevinst

Konstruktionsmodellen blev anvendt som en geometrimodel, da fokus var på tegningsgenerering. Modelleringsværktøjet giver mulighed for udtræk af egenskabsdata til lister. I forbindelse med afsætning af de 2500 pæle, der indgik i pælefunderingen ville man afprøve at få koordinater, rotationm.m., i alt 12 parametre, automatisk genereret fra modellen. Det lykkedes efter man fik udviklet en plug-in til modelleringsværktøjet og gav en tidsmæssig besparelse til denne funktion på 70 %.

I forbindelse med tilbudsgivning har hovedentreprenøren udviklet en procedur ved alle fremtidige tilbud, hvor man fra en simpel bygningsmodel udtrækker lister over bygningsdele og egenskaber, således at man via sin egen erfaringsprisdatabase kan genere et pristilbud der er mere korrekt end ellers og hvor der er en tidsbesparelse på opmålingsdelen på 90 %.

Konsistenskontrol giver gevinst

Integration mellem virksomheder og deres modelbaserede arbejdsmetoder blev dog demonstreret i casen. Der foregik ikke nogen systematisk konsistenskontrol mellem fagmodellerne. Men i forbindelse med stålentreprenørens godkendelsesprocedure blev der foretaget konsistenskontrol mellem arkitekt- og stålfagmodellen, som afslørede nogle alvorlige fejl, som hvis de ikke var blevet rettet ville have belastet projektet med en merudgift på mellem ½ og 1 mio. kr. En årsag til fejlen kan ligge i det tidligere nævnte forhold, at der er to forskellige typer af arbejdsmetode, der skal sameksistere, en der er modelbaseret og en der er dokumentbaseret.

Forudsætninger for gevinster

IKT-konceptet, som det blev gennemført som et første trin mod en integreret 3D arbejdsmetode, stiller ikke store krav til forudsætningerne for at kunne implementeres i en virksomhed.

På den teknologiske side er der i første omgang arbejdet med standard modelleringsværktøjer, både hos konstruktionsrådgiver og hos arkitekt. Modelniveauet svarer til en geometrimodel, der er objektbaseret med et begrænset antal egenskabsdata specificeret. Dette var tilstrækkeligt til at udarbejde et komplet

tegningsmateriale for rådgiverne. Dataudtræk af modeldata blev foretaget direkte fra bygningsmodeller, dog var der eksempler på nødvendigheden af at udvikle en mindre plug-in til programmet. Konsistenskontrol blev ikke udført systematisk, men kunne være gennemført med software, der var til rådighed. Overførsel af modeldata til analyseprogrammer blev ikke gennemført, men er et stort potentiale i den videre implementering. Det er senere gennemført ved prisberegning. Anvendelse af modeldata under udførelsen kunne gennemføres med brug af simple viewere og udtræk af styklister til materialebestilling m.v. For at styre tid og økonomi modelbaseret kræves nyt, mere specialiseret, software.

På kompetencesiden stiller IKT-konceptet, med dets oprindelige indhold, ikke de store fordringer til kompetencer. Der blev sendt en mindre gruppe til softwarekurser og med sidemandsoplæring blev hovedparten af model/tegnings-medarbejderne rustet til at gennemføre de nye processer. Når IKT-konceptet udvides til et integreret samarbejde indenfor egen projekteringsgruppe, med inddragelse af analyse- og beregningsdelen, samt eksternt i forhold til i første omgang arkitekten, men også fagentreprenører og leverandøren, vil der blive stillet helt anderledes krav til kompetencer. Det drejer sig om kompetencer indenfor teknologien, arbejdsmetoder og samarbejdsformer, hvor de to sidste områder er nok så omkostningskrævende. Dette gælder ikke kun den berørte medarbejdergruppe i denne case, men en stor del af hele medarbejderstaben. Det at arbejde modelbaseret berører ikke kun de medarbejdere, der udvikler modellerne, men i lige så høj grad de medarbejdere der anvender dem.

Når det drejer sig om samarbejdsrelationer og integration med andre parter repræsenterer casen et traditionelt samarbejds mønster, hvor hovedentreprenøren er projektleder med klare grænseflader mellem de enkelte parter. Al udveksling af projektinformation foregår gennem møder og via dokumenter/tegninger. Dvs. at IKT-konceptet kan gennemføres med en traditionel projektorganisation. Hvis man imidlertid vil have adgang til det gevinstpotentiale, der ligger i et mere integreret samarbejde mellem alle parter er forudsætningen nok en mere integreret projektorganisation som f.eks. en partneringmodel, en totalentreprisemodel eller tilsvarende. Forudsætningen er under alle omstændigheder, at samarbejdsrelationer og udvekslingsprocedurer specificeres af de parter, der indgår i integrationen.

Der er i casen ikke konstateret lovgivningsmæssige eller aftalemæssige barrierer for IKT-konceptets gennemførelse i den nuværende form. Hvis IKT-konceptet udvides mod en større grad af integration mellem parterne, vil man – afhængig af konkret projektorganisation – sandsynligvis støde på barrierer i lovgivning og eksisterende aftalegrundlag.

DTU Byg
Institut for Byggeri og Anlæg
Danmarks Tekniske Universitet

Brovej, Bygning 118
2800 Kgs. Lyngby
Telephone 45 25 17 00

www.byg.dtu.dk

DTU Byg Rapport SR 12-05