

Nye informations- og kommunikationssystemer på byggepladsen

Rapport 2: Internationale Erfaringer

Martine Buser
Casper Schultz Larsen
Christian Koch

Rapport
R-133
BYG•DTU
ISBN 87-7877-204-4

Juli 2006



Indholdsfortegnelse

Forord	1
1. Resume.....	3
2. Indledning	5
Introduktion til rapporten.....	5
2.2 Formålet med projektets internationale del	6
2.3 Problempræcisering, analyseramme og metode.....	6
2.4 Projektproces	9
3. Metode	11
3.1 Afgrænsning/forbehold	12
4. Værktøjer og teknologi	13
5. Status for de undersøgte lande	16
6. Udvikling af en taksonomi for opgaver	19
Andre undersøgelsers taksonomier	21
Denne rapports taksonomi	25
7. Case-eksempler	31
7.1 Dedikerede værktøjer	31
MACE, Cambridge, UK	31
Stent Foundations Limited, UK	35
7.2 Integrerede værktøjer.....	41
FACS, ShareChieve LLC, U.S.A.....	41
7.3 Kombination af værktøjer.....	43
Skanska USA Building Inc, U.S.A	43
Webcor Builders, U.S.A	48
8. Diskussion.....	50
9. Konklusion	61
10. anbefalinger.....	63
11. Referencer	66
Bilag 1: Samlet oversigt over undersøgte IKT-systemer	76
Bilaget er vedlagt som to A3 sider med en oversigtsfigur.....	76

Bilag 2: Supplerende Case-studier.....	78
COMIT, UK:Taylor Woodrow, Glasgow	78
COMIT, UK: Rosser and Russell Maintenance inspections	84
Bilag 3: Research and development projects.....	92
Europe	92
England.....	93
USA	94
4. Intelligent and automated construction job site	97
8. Technology- & Knowledge-enabled Workforce	98

Forord

I sommeren 2004 vurderede forfatterne af denne rapport sammen med en personkreds fra IT og byggebranchen at der var nye muligheder i informations- og kommunikationsteknologi (IKT) anvendelsen på byggepladser. Selvom en række tidligere forsøg og undersøgelser i de sidste ti år har været gennemført med henblik på øget anvendelse af IKT på byggepladsen uden de store succeser til følge, så mente vi at IKT-systemudviklingen, skærpede konkurrencevilkår, faldende priser på især mobil IKT og kommunikationsteknologier, kompetenceudvikling og generationsskifte blandt branchens ledere og medarbejdere alt sammen ville nedbryde gamle barrierer og skabe nye muligheder for anvendelse.

Personkredsen, som bestod af folk fra entreprenørfirmaet CEG A/S, Aagergaard Kommunikation, det rådgivende arkitektfirma Jensen, Jørgensen og Wohlfeldt, BYG•DTU og firmaet E-tjek var enige om, at der var behov for et innovationsorienteret projekt på dette område. Efterfølgende bevilgede BoligfondenKuben projektmidlerne.

Potentialet for styrket styring, koordinering, kommunikation og erfaringsopsamling i en række processer på byggepladsen er betydeligt. Adskillige undersøgelser peger på, at det er netop disse faktorer som man skal arbejde med hvis fejl og kvalitetsproblemer på byggepladsen (Apelgren, Richter & Koch 2005, Josephsson 1994) skal reduceres.

Og selvom det således er karakteristisk, at det statslige udviklingsprogram Det Digitale Byggeri (EBST 2003) stort set går udenom anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) på byggepladsen, er der mange tegn på, at der er nye muligheder, der står lige for døren:

Det massive gennemslag som mobiltelefonen indenfor få år har haft både hos de enkelte medarbejdere på byggepladserne og i samfundet generelt, er i sig selv et vidnesbyrd om at kommunikationsteknologier potentielt kan ændre afgørende på arbejdsgange. Berard & Hansen (2005) finder således at 85 % af alle håndværkere i byggeriets små entreprenører benytter mobiltelefon, mens der i Danmark i foråret 2006 blev flere mobilabonnementer end indbyggere med stadig stigende tendens i resten af 2006 (ITTS 2006a, b).

Der er endvidere også en rimelig dækning af bredbåndsforbindelser til byggeriets virksomheder (VTU 2005, 2006), mens der er spydspidsvirksomheder, der bruger trådløst netværk, 3G mobiltelefoni, WIFI m.m (VTU 2005, 2006 Berard & Hansen 2005).

Endelig er der også i Danmark et synligt udbud af dedikerede (specialudviklede- og tilpassede) informationssystemer til byggebranchen: Reefit, Easytime og E-tjek er eksempler på det. Der er endvidere udviklings- og implementeringsprojekter i gang flere steder (Heldgård 2005 mfl.).

Disse tendenser peger også på nogle tvetydige udviklingstræk. Det er uklart om det vil blive nemt anvendelige generelle værktøjer og basisteknologier som smartphones, internet og e-mails og /eller om der skal specialudviklede informationssystemer til at sikre en procesudvikling og effektivisering i byggeprocesserne. Faktisk har nogle teknologier som 3G og PDA'er været i midlertidig tilbagegang på det danske marked som helhed (VTU 2005, 2006 a, b).

Projektet "Nye informations- og kommunikationssystemer på byggepladsen en evaluering og et forstudie" omfatter to undersøgelser og rapporter, hvoraf denne er den anden rapport. Denne rapport dækker udenlandske byggepladserfaringer med IKT, med fokus på mobilteknologi.

Rapportens hovedproblemstilling er at indsamle viden om og erfaringer fra de entreprenører i EU og US, som er i gang med at udvikle lignende projekter baseret på de nye IKT-muligheder. Og dokumentere disse i rapportform (projektansøgningens formulering).

Projektets første rapport er en evaluering af implementering af et PDA-baseret system på en byggesag hos CEG. Styrket kvalitetsstyring og koordination på selve pladsen var i fokus sammen med en interesse for hvordan PDA'er og 3G mobiltelefoni og kunne anvendes og hvilke nyorienteringer i tænkningen af kompetencer og arbejdsorganisation, som var nødvendige for at udnytte det fulde potentiale i systemet.

Projektet er som sagt muliggjort igennem en projektbevilling på 267.000 kr fra BoligfondenKuben. DTU•BYG har bidraget med en delvis finansiering af forskningstid. Lektor Peter Vogelius har udført feltarbejdet og forfattet rapport I, og for nærværende undersøgelse har forskningsassistent Martine Buser udført interviews og indsamlet data, mens den endelige rapport er lavet i samarbejde med forskningsassistent Casper Schultz Larsen og Lektor Christian Koch, der også er projektleder på projektet.

1. Resume

Denne rapport er anden delrapport fra projektet ”Nye IKT-systemer på byggepladsen”. Den første evaluerede på et byggepladsforsøg, mens denne opsamler internationale erfaringer med informationssystemer med et mobilt, håndholdt element.

Standardsystemer, herunder mobiltelefoner, Personlige Digitale Assistenter (PDA) mv. er udbredte på byggepladserne. Fokus her er imidlertid på dedikerede systemer, der er tilpasset de særlige arbejds- forretnings- og informationsprocesser på en byggeplads. De specialudviklede systemer er ikke så almindelige på byggepladserne, men til gengæld har de et langt større potentiale for at bidrage til effektivisering, kvalitetsforbedring og kompetenceudvikling.

Blandt de specialudviklede systemer findes integrerede systemer, der går på tværs af et antal arbejdsprocesser (som FACS se bilag 1) og funktionsspecifikke systemer der satser på at støtte en speciel opgave, som for eksempel tidsregistrering, materialehåndtering eller arbejdsmiljøstyring (eller SHERPA se casen om Stent). Begge typer og også dem inde-imellem indgår i undersøgelsen. Der indgår i alt 30 systemer i undersøgelsen, hvis man tæller SkanskaUS –eksemplet som et system. SkanskaUS har sammenkoblet en række kommercielle standardsystemer med en egenudviklet webside.

Et informationssystem, med et mobilt håndholdt element, forstås i denne rapport som stykket sammen af flere komponenter til datafangst, teknisk kommunikation, lagring mv.

Sådanne systemers potentiale ligger i at kunne knytte personer og organisationer sammen, der ellers pga mobilitet og geografisk spredning har vanskelig ved at realisere en tæt kommunikation og fælles brug af data.

I rapporten udvikles en taxonomi for arbejdsopgaver, hvor håndholdte mobilteknologier med fordel kan anvendes. Denne taksonomi holdes op imod de udvalgte informationssystemer. Taksonomien tager udgangspunkt i hvor informationssystemerne i praksis sættes ind. Der er to hovedområder ”basisorganisation og ”byggeplads”. Indenfor ”basisorganisation” er der derefter foretaget en opdeling i syv arbejdsprocesser, der igen er opdelt i 14 arbejdsopgaver. Tilsvarende er 8 arbejdsprocesser på ”byggeplads”, der er opdelt i 24 arbejdsopgaver.

Et markant resultat er at det er byggeledere, der er brugere af de mange internationale systemer. Håndværkerne er ikke brugere internationalt, og det betyder, at der er et uopfyldt potentiale i at udnytte teknologien til at lave stærkere integration i

kommunikation og opgaveløsning i de udførende arbejdsprocesser og imellem udførende og byggeledelse. Her vil danskudviklede systemer kunne blive en eksportvare.

2. Indledning

Introduktion til rapporten

De seneste 20 år har vist en dramatisk udvikling og ændring af brugen af IKT til at understøtte arbejdsprocesserne i byggeriet. I dag er praktisk talt alt projekthinformation indtastet via forskellige software-programmer eller genereret af computer programmer og præsenteret i mange forskellige formater, der benyttes af forskellige aktører. Software-værktøjer kan være både standardsystemer og specialudviklede. De generelle standardsystemer er for eksempel regneark og tekstbehandling eller fagområde-specifikke som f.eks. CAD-systemer eller planlægnings-værktøjer som f.eks. MS Project. Systemerne muliggør når de er sat op, på forskellig måde koordination mellem design og konstruktionsmetoder, udgifter og tidsplan for projektet (Fischer and Kunz, 2004). De specialudviklede kan langt mere specifikt støtte konkrete delopgaver eller processer, eller være mere ambitiøse tværgående integrerende systemer som er skræddersyet til byggevirkksomheden og byggeprojektet. Adskillige undersøgelser har demonstreret værktøjernes effektivitet og de ændringer de kan medføre i organiseringen af de forskellige aktører i byggeprojektet (se f.eks. Andresen & Christensen 2002). Men hvis disse informationssystemer er placeret spredt på byggepladsens parters forskellige kontorer, fører forbindelsen sjældent længere end til de enkelte fag. Der vil de forskellige ledere og medarbejdere ofte fortsat sprede informationen i form af printede stykker papir. På samme måde skal information, der indsamles ude på pladsen oftest fysisk transporteres til byggepladskontoret, før det bliver indtastet og integreret i projektets elektroniske databaser. På denne måde kan opdatering, kommunikation og koordination af projektet blive forsinkede. I de senere år har en række initiativer søgt at forbinde det sidste stykke vej mellem hovedcomputersystemet og arbejderne på byggepladsen ved hjælp af håndholdte computerværktøjer.

Nærværende rapport sigter mod at give et overblik over tendenser og resultater på området frem til sommeren 2006 ved at trække på internationale erfaringer og ved at udpege forskellige opgaver, der med fordel kan understøttes med IT-værktøjer på byggepladsen. Af metodemæssige årsager fokuserer rapporten hovedsageligt på systemernes funktionalitet, men inddrager også forandringerne i organiseringen og implementeringsprocesserne i de valgte internationale case-eksempler.

Rapporten forstår informations- og kommunikationssystemet som betående af flere gensidig afhængige elementer: Selve den håndholdte eller mobile teknologi, der anvendes som terminal til overførsel af data. Et teknisk datakommunikationssystem (synkront eller asynkront), samt en basisarkitektur af informationssystemer som CAD, Projektstyring mfl.. De håndholdte IT-værktøjer, omfatter mobiltelefoner, PDA'er (Personlige Digitale Assistenter) og bærbare computere. Disse mobile teknologier har potentialet til at løse mange af byggeprocessens problemer, ved at forsyne aktøren på

pladsen med præcise og pålidelige informationer direkte på den umiddelbare arbejdsplads - på lige netop det tidspunkt, hvor informationen er påkrævet. Derudover er det muligt for aktøren, at overføre up-to-date projektinformation til byggeledelsen direkte fra pladsen. Dermed kan håndholdte IT-værktøjer indirekte være med til at øge mængden af projektstyring ved direkte at nedbringe mængden af byggeledelsens støtte til håndværkerne (som f.eks. at finde tegninger og sende projektafklaringer) og ved at reducere spildtiden (Haas et al. 2002).

Men potentialet for informations- og kommunikationssystemet med håndholdte terminaler går længere end det. Der optimeres også på kommunikationen med byggevirkomhedens basisorganisation, imellem forskellige ledere og medarbejdere på tværs af virksomheder og fag på og udenfor pladsen. For eksempel peger Olofsson og Emborg på to betydelige besparelser ved brug af et håndholdt arbejdsordreadministrationssystem, nemlig besparelser i administration i byggevirkomheden og besparelser forbundet med at håndværkere ikke behøver at møde op i byggevirkomheden for at modtage arbejdsordrer, men kan gøre det via en håndholdt teknologi (Olofsson og Emborg 2004).

2.2 Formålet med projektets internationale del

Indenfor projektets problemfelt, er der i projektbeskrivelsen, formuleret en målsætning for projektets internationale del, nemlig at:

”3. Indsamle viden om og erfaringer fra de entreprenører i EU og US, som er i gang med at udvikle lignende projekter baseret på de nye IKT- muligheder. Og dokumentere disse i rapportform.” (projektansøgningen)

Der henvises med formuleringen ”lignende projekter” til projektets anden undersøgelse og rapport, der omfatter et system til kvalitetskontrol (Vogelius 2005). I det følgende diskuteres denne målsætning nærmere med henblik på en indkredsning og præcisering af grundlaget for nærværende rapport.

2.3 Problempræcisering, analyseramme og metode

I det følgende vil vi konkretisere formålspunktet, der er præsenteret i afsnit 2.2. Konkretiseringen har dannet udgangspunkt for håndteringen af forskningsarbejdet og for den tematiske fokusering i analysen af materialet.

I formålet omtales indsamling af viden og erfaring fra entreprenører i EU og US, som er i gang med at udvikle lignende projekter baseret på de nye IKT- muligheder. Ambitionen er altså at samle informationer om relevante udenlandske IKT-projekter,

der, kan bidrage til forståelsen af fremtidige muligheder i den danske byggesektor (sammen med rapport 1).

Fra formålet fremgår det i øvrigt, at de forhold som vi ønskede at have specielt fokus på:

- A. "Viden og erfaring"
- B. Entreprenører
- C. EU og US

Der blev fastlagt en udgangsforståelse mht. disse tre punkter, og der blev gennemført aktiviteter efterfølgende for at sikre opfyldelsen. Nedenfor gennemgår vi punktvis først udgangsforståelsen og derefter de gennemførte aktiviteter:

Ad. A) Udgangsforståelsen var at viden og erfaring skal indsamles i projektet fra de udenlandske aktiviteter. Idet formuleringen er "viden og erfaring" giver det en relativ bred ramme til indsamling af data. De udenlandske initiativer forventedes at fremstå forskelligt i præsentationen, formål, kontekst mm., og den brede forståelsesramme giver altså mulighed for, at benytte de forskellige erfaringer i én samlet undersøgelse, på trods af de forskelle der måtte være. Vi havde en forventning om at anvendelsen af mobilteknologierne udviklede sig så hurtigt at der måtte gås en anden vej end via dokumenterede resultater fra forskning.

Der blev taget udgangspunkt i især to nøglepersoners viden om eksperimenter og igangværende brug på byggepladser. De to var Professor Carl Haas, Texas University at Austin og Professor Tore Haugen, NTNU, Trondhjem. Udfra de to nøglepersoners viden gennemførtes en deskresearch indenfor sprogområderne engelsk, fransk og skandinavisk.

Ad. B) Af formuleringen fremgår det, at fokus er på initiativer hos entreprenører. Dermed var udgangspunktet altså en praktisk orientering og fokus rettes mod konkrete cases frem for udenlandske forskningsprojekter på området eller producentbeskrivelser. Konkrete cases kan dog udtrækkes af forskningsprojekter, så længe fokus er praktisk orienteret.

Der blev fundet en del dokumenterede praktiske erfaringer på nettet. Det var som ventet meget blandt materiale fra softwareleverandører, forskningsmiljøer, konsulent og anvendelsesorienterede miljøer samt entreprenørerne selv. Det var imidlertid tydeligt at det engelske COM-IT havde en usædvanlig konkret praksisrettet kompetence i forhold til vores problemstilling (COMIT-s hjemmeside, COMIT står for Construction Opportunities for Mobile IT)). COMIT-initiativet repræsenterer såvel entreprenører, teknologi-udviklere, forskere og byggeriets parter, og er derfor et oplagt udgangspunkt i kortlægningen af britiske initiativer. COMITs cases og COMIT

hovedansvarlige blev dermed hovedkilder for projektet. Der gennemførtes et besøg i London i marts 2005, hvor Sarah Bowden COMIT og Arup blev interviewet. Her blev også gennemført et byggepladsbesøg hos STENT, en entreprenørvirksomhed.

Ad. C) Som det fremgår af projektformålet, inddrages entreprenører i EU og US. Konkret blev det planlagt, at entreprenører fra USA, Storbritannien, Norge og Frankrig skulle inddrages. Disse lande blev valgt, bl.a. på baggrund af projektets sprogkundskaber (specielt var det vores forståelse at fransksprogede erfaringer ikke nåede frem til Danmark) og da vi her tidligere har fundet relevante og tilgængelige cases, projekter og/eller interviewmuligheder. Indenfor EU kunne man således have valgt andre lande, men det skønnes, at de inddragne cases opfylder projektets formål. Af ressourceårsager er Asien fravalgt.

Ved det konkrete søgearbejde fandtes der i praksis materiale fra en række lande, herunder Canada, Belgien og Sverige. Der blev identificeret en lang række casekandidater (mere end 40), der alle beskrev anvendelse af håndholdt/mobilteknologi på byggepladsen. Herfra udvalgte en mindre gruppe af cases til nærmere uddybning (det drejede sig primært om COMIT cases, sekundært praksisrettede forskningsmiljøers materiale og endelig materiale fra IKT-leverandører).

Hovedformålet med nærværende rapport er at give et klarere billede af udviklingen indenfor brugen af håndholdte IT-værktøjer i byggeriet og hvilket potentiale de nye metoder indeholder. Vi er i denne forbindelse interesserede i hvilke byggeprocesser, der kan forbedres på byggepladsen – og hvordan. Vi udvikler derfor en taxonomi for arbejdsopgaver dels på byggepladsen og dels i tilknytning hertil i basisorganisationen. Denne model for arbejdsopgaver vedkender vi os er særdeles enkel. Den udgør vores beskedne forståelse af mobilteknologiens virtualiseringspotentiale, hvor steder og tider kobles sammen på nye og potentielt meget effektive måder (Pica & Sørensen 2004).

Ved derefter at undersøge en række informationssystemer fra forskellige lande sigter vi mod først at beskrive hvad de tekniske løsninger indeholder og derefter hvordan de forskellige tekniske løsninger interagerer med pladsorganisering, ledelse, arbejdsrutiner og kompetenceudvikling og hvilke former for forandringer og forbedringer, der opnås. Vi søger også at fokusere på vejledning, koordination, kommunikation og indsamling af information og data på byggepladsen. Derudover vil læreprocesser og kompetenceudvikling også blive inddraget i undersøgelsen.

Der er meget forskning, der fokuserer på detaljerede aspekter og enkeltfacetter indenfor mobile/bærbare computere og databehandlere – måske endda hurtigere end resultaterne kan publiceres. Det er interessant at konstatere at de forskningsmiljøer,

der har beskæftiget sig med mobilteknologi metodisk ikke behandler denne forældelsesproblematik (se eksempelvis Elaluf Calderwood et al 2005, Pica & Sørensen 2004 og som undtagelse Urry 2000) Da nye teknologier løbende tager over efter gamle, og selvom de tekniske løsninger bliver mere konsistente og pålidelige, er det ikke forsøgt at skabe en præcis oversigt over aktuelle IT-værktøjer, software-løsninger og varierende teknologier til dataoverførsel. Derimod er fokus på samspillet med praksis, altså arbejdet i byggevirksomheder, - projekter og - pladser.

Til brug for dette fremlægger vi en række casestudier, dels i rapporten dels i bilag. Casene er struktureret sådan at vi forsøger at dække IKT-anvendelsen i bred forstand. Der beskrives, med mindre variationer:

- entreprenørens virksomhed
- den tidligere arbejdsproces og den nye arbejdsproces
- omkostninger
- organisatoriske ændringer
- uddannelsesindsatsen
- forhold omkring tid og kvalitet
- den anvendte teknologi
- fordele og ulemper

Vi har hermed lagt vægt på driftserfaringer med systemer og mindre vægt på systemudvikling og implementering. Flere af systemerne er tæt på at være prototyper, hvor systemudviklings- og implementeringsproblematikker spiller ind.

Den opstillede taksonomi og casestudierne giver tilsammen rapportens bud på en status for de udenlandske erfaringer med håndholdt teknologi på byggepladsen.

2.4 Projektproces

Projektet blev bevilget i september 2004 og arbejdet med den første delrapport blev hovedsageligt udført i vinteren 2004-2005.

Forskningsassistent Martine Buser opstartede nærværende del af projektet i efteråret 2004, og udførte interviews samt omfattende litteratur- og internetsøgning sent i 2004 og i begyndelsen af 2005. Denne søgning gav som nævnt et billede af en række udenlandske initiativer, der var relevante at inddrage i undersøgelsen, og i denne forbindelse kontaktedes en række personer via e-mail.

I forbindelse med udformningen af rapporten, blev forskningsassistent Martine Buser, der var hovedarbejdskraft på rapporten, gravid. Hun blev efterfølgende syg og fik andet arbejde fra december 2005, hvorfor den endelige udformning af nærværende rapport har ligget stille i et stykke tid. I marts 2006 genoptoges arbejdet med

forskningsassistent Casper Schultz Larsen. Casper Schultz Larsen og Lektor Christian Koch har siden udført den sidste del af arbejdet fra marts - juli 2006, inklusiv en opdatering af centrale oplysninger.

3. Metode

Undersøgelsen er grundlæggende opbygget som et desk research af relevante cases, og forskningsresultater, suppleret med interviews og e-mail eller direkte dialog med relevante respondenter.

De metodikker, som har været anvendt er:

- omfattende og internetsøgning
- gennemgang af skriftligt materiale
- semistruktureret nøglepersoninterview
- byggepladsbesøg

I case-studierne rettes fokus mod at kortlægge informations- og kommunikationssystemets indhold og arkitektur og de ovennævnte aspekter af IT-implementeringen. Dette giver nogle forskellige begrænsninger:

I de case-studier hvor COMIT (UK) været brugt i udstrækning, har COMITs strukturering af materialet kunnet benyttes, da dens målsætning er meget tæt på nærværende projekt. Da COMIT-initiativet sigter mod at skabe et overblik over IKT-initiativer i Storbritanniens byggesektor, men med et erhvervsfremmesigte, betyder det at der synes at være et vist proinnovations-bias i COMITs materiale. Det fremstår ikke desto mindre overvejende sobert og afbalanceret og indeholder også pointer om systemernes svage sider. Endelig er COMIT også præget af en praktikervinklen, der for eksempel tilskynder til at påpege når traditionel koordination virker bedre end ny teknologi.

I de case studier fra andre praksisrettede forskningsmiljøers materiale der har været brugt, er der flere eksempler på publicerede videnskabelige artikler m.m., der dog også har en proinnovations-bias. Der er anvendt mere af denne slags materiale end forventet (se eventuelt referencelisten).

Endelig er der anvendt en del leverandørmateriale, såsom beskrivelser af systemernes funktioner og testimonials (cases fra kunder). Selvom dette materiale er fremstillet i salgsøjemed, er der dog fortsat tale om business to business salg hvor forholdsvis sobre og detaljerede oplysninger er nødvendige. Selve de håndholdte enheder stammer dog ofte fra telekommunikationsfirmaer, der massesælger disse produkter, hvorfor præcise brugererfaringer alt andet lige er lidt vanskeligere at fremskaffe derfra.

Ved at kombinere de nævnte kilder vurderer vi dog at det alt i alt er lykkedes at fremdyrke omfattende viden om mobile informations- og kommunikationssystemer.

3.1 Afgrænsning/forbehold

Egentlige arbejdspladsobservationer er ikke inddraget i projektet, da ressourcer kombineret med den store geografiske spredning af casene ikke har tilladt observationer.

Som beskrevet ovenfor, involverer undersøgelsen USA og Europa, og selvom Asien potentielt kunne være interessant at inddrage, tillader projektformuleringen og omfanget ikke dette.

Da vi vælger ikke at betragte systemerne/værktøjerne gennem andres undersøgelser, men derimod har en indgangsvinkel, hvor det er de udførende, der er i centrum, kan der være en stor grad af reklame forbundet med fremstillingen af disse cases. Således vil de enkelte værktøjer formentligt være fremstillet i meget positive vendinger, og være tillagt egenskaber, der måske ikke altid er hovedformålet med værktøjet – og værktøjets spidskompetence. Når de enkelte værktøjer undersøges, er det altså relevant, at have udgangspunktet for øje i forbindelse med analysen af casene.

Udgangspunktet er hovedsageligt at betragte værktøjer, der knytter sig til arbejdsopgaver i forbindelse med "almindeligt" byggeri, f.eks. bolig- eller kontorbyggeri. Således afgrænser vi os fra at betragte arbejdsopgaver, knyttet til anlægs- eller ledningsarbejder. Man kan forestille sig, at der i forbindelse med disse arbejdsopgaver konkret vil være omfattende udnyttelse af IKT-værktøjer, f.eks. GPS, men det vurderes, at omfanget af en dybere undersøgelse af disse områder, ikke er hensigtsmæssig i nærværende projekt.

Vi har endvidere ikke systematisk set på mobilitet i et større perspektiv. Det betyder fokus er på mikromobiliteten på byggepladsen og på samspillet mellem byggepladsen og basisorganisation hos entreprenøren (se Weilenmann 2003 for en diskussion af typer af mobilitet). Olofsson og Emborg (2004) påpeger, med udgangspunkt i svenske erfaringer, at mobiliteten under transporten til og fra byggeplads og hovedkontor, blandt andet for at få tildelt arbejdsordrer også et vigtigt moment i anvendelsen af mobile løsninger. Dette er imidlertid ikke inddraget.

4. Værktøjer og teknologi

I dette afsnit gives nogle få og ikke udtømmende eksempler på hardware, software og kommunikationsteknologi, der er indholdet i systemer med mobilteknologi. Med hardware tænkes på den aktuelle fysiske værktøj der benyttes, mens softwaren er det programmel som styrer hardwaren. Hertil kommer kommunikationsteknologien, der forbinder forskellige lokationer med hinanden. Herunder vises enkelte eksempler på de tre teknologielementer, idet en komplet liste er vanskelig at lave, da teknologierne hele tiden udvikles. Listen er lavet med inspiration fra Affonso *et al.* (2002):

1. Hardware - Kan variere i bl.a. mobilitet og egenskaber

- i. Smartphones



- ii. PDA'er (Personlige Digitale Assistenten)



- iii. Tablets og eBooks



- iv. Notebooks/bærbare computere

2. Software - Kan variere i det uendelige. Her skelner vi mellem:

- i. Integrerede værktøjer, også kaldet projektweb, f.eks.

1. Primavera
2. Microsoft Project
3. Asta Powerproject

- ii. Dedikerede værktøjer, f.eks.

1. E-tjek

2. Cognito (Rosser & Russell, UK, COMIT)
 3. ClearIT (Mace, UK, COMIT)
 4. Minesotta P069
 5. VisionPoint VP-CAD
 6. FACS, ShareChieve LLC
- mfl.

Som skrevet er en komplet liste over software vanskelig at lave. Dette kan f.eks. illustreres ved, at der fra COMITs hjemmeside er listet 32 typer software, der bruges af pladsingeniører. Dertil er der altså tilsvarende lister for de andre aktørsegmenter, hvilket giver et billede af hvor omfangsrigt en kortlægning ville være – og her er altså kun medtaget software fra COMIT!

3. Mobil teknologi.

- Kan variere i bl.a. rækkevidde, protokoller og overførselshastigheder, f.eks.:

- i. Mobiltelefonnetværk

- **GSM** (Global System for Mobile communication) current mobile phone network standard, op til 9Kbps.
- **SMS** (Short Message Service) standard for tekstbeskeder – op til 160 tegn pr. besked via GSM netværk
- **High Speed Circuit Switched data (HSCSD)**. Orange teknologi der tillader hastigheder op til 28,8Kbps via GSM
- **WAP** (Wireless Application Protocol) Standard for E-mail og tekstbaseret internet via GSM
- **GPRS** (General Packet Radio System) altid online, hastigheder op til 50 Kbps.
- **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System) betegnes som et tredje generations mobilkommunikationssystem, altid online, hastigheder op til 384 Kbps. En hurtig version af GPRS der funktionelt er karakteriseret ved at kunne tilbyde bl.a. bredbåndskapacitet og multimedietjenester. (ITTS 2006b, UMTS-udredning 1999)

- ii. Trådløse netværk

- **Infrarød**, rækkevidde op til 2m. og hastigheder op til 16 Mbps.
- **Wireless Local Area Network (WLAN)** rækkevidde op til 300m. (med en ekstern antenne kan rækkevidden øges til flere kilometer) og hastigheder op til 120 Mbps (nye generationer udvikles løbende) Kan f.eks. bruges i forbindelse med et almindeligt LAN-netværk, hvormed byggepladskontorets netværk kan udvides til at omfatte hele byggepladsen.
- **Bluetooth**, rækkevidde op til 10 m. og en hastighed på 721 Kbps . En løsning der med lavt strømforbrug og lave omkostninger kan erstatte enkle kablede forbindelser, f.eks. mellem mobiltelefon og bærbar computer, PC og printer eller digital camera osv.

Ovenstående liste skal ikke ses som udtømmende i forhold til hvilke teknologier og værktøjer der indgår i et trådløst set up. Her skal blot nævnes antenner (se Ward et al 2004 for et casestudie), standarder for interoperabilitet og brugen af trådløs teknologi sammen med indlejret mærkning (RFID radio frequency identification, se EBST 2006). Der er på alle teknologiområder en rivende udvikling

5. Status for de undersøgte lande

Nedenfor er en kort og skitseagtig gennemgang af status for aktiviteterne i de enkelte lande. Både på byggepladsen, hos entreprenørvirksomheden, i de anvendelsesorienterede FoU miljøer og på universiteter.

Generelt tegner der sig en blanding af store og små entreprenører (Skanska, Stent), IKT udviklingsfirmaer (ofte små), IKT- firmaer med eksisterende produkter i byggebranchen (Primavera, SAGE) samt innovationsrettede miljøer og forsknings- og udviklingsmiljøer, som oftest de der i forvejen er rettet mod byggebranchen (f.eks e-bygg centeret på Luleå Univerisitet, CSTB i Frankrig)

Der er meget anekdotisk materiale, små korte omtaler af en entreprenør, der er igang med noget håndholdt. Det giver en antydning af, at der sker noget, men vi har vanskeligere ved at finde nogen reelt grundig beskrevne cases. Webcor er et eksempel på den korte version af en case.

Storbritannien

Storbritannien er det eneste land med et særligt innovations fremmende initiativ, COM-IT, der fokuserer udelukkende på mobilteknologi til byggebranchen.

COMIT (Construction Opportunities for Mobile IT) er et to-årigt forsknings- og udviklingsprojekt, der fungerede fra august 2003 til september 2005, og var delvis finansieret via DTI (Department of Trade and Industry – Ministeriet for Erhverv og Industri, red.) Arup styrede projektet i partnerskab med BSRIA og Loughborough University, og projektet sammenbringer repræsentanter fra byggeriet, teknologi og vidensformidlende institutioner for at fremme realisationen af potentialet ved at indføre mobil IKT. (webservice <http://www.comitproject.org.uk/>).

Blandt COMIT's hovedmål skal her nævnes:

- At kortlægge informations- og kommunikationsbehov for de udførende
- At skabe case-materiale der inkluderede detaljerede faglige erhvervsfordele og implementationsvejledning
- Implementering af mobil IT på to pilot-projekter, for at evaluere fordele og barrierer

COMIT har udviklet et stort antal case studier og en business case generator, hvor man kan regne sig igennem økonomien i et mobilprojekt. COMIT har også samlet en

række virksomheder omkring sig, hvilket de nedenstående cases og bilag giver eksempler på. Bilag 1 kortlægger 12 systemer og installationer

USA

Der er et stort antal SW-leverandører af mobile løsninger (en liste har 69, <http://www.thezoomlist.com/>), men betydeligt færre har specielle produkter for byggeriet. Udover de nævnte i bilag 1, er SAGE Timberline, Trimble og Nextel markante.

Forskningsprogrammet “Fully Integrated and Automated Technology”, FIATECH, er et omfattende samarbejde mellem virksomheder, IT leverandører og forskningsinstitutioner (se også bilag 3). Programmet omfatter 9 underprogrammer hvoraf element 4, “Intelligent & Automated Construction Job Site” er mest relevant her, eftersom element 8, “Technology and Work Force enabled Workforce” ikke rigtig er kommet igang. Element 4 omfatter cirka 20 projekter hvoraf ét handler om trådløs kommunikation og to-tre andre site information systems. Projektet om trådløs kommunikation støttes af især hard- og software leverandører. Projektets vurdering af udgangspositionen i 2004 var at;

“Some construction organizations have implemented some wireless components but a comprehensive system is still not readily accepted. This could have huge immediate ROI to first users. “

Element 8 “Technology and Work Force enabled Workforce” indeholder et projekt om “Ruggedized Information Delivery Systems” (Ruggedized hentyder til robustheden i forhold til det barske miljø på en byggeplads). Projektet ser imidlertid ikke ud til at være kommet igang.

Wood & Alvarez (2005) beskriver status for et andet FIATECH project emerging construction technologies. I afsnittet om wireless technologies gennemgås en række kommercielle potentialer og barrierer. Blandt de sidste nævnes tekniske problemer og uddannelse.

Et eksempel på et FIATECH projekt er et trådløst system som IKT-udviklingsfirmaer JumpStart Wireless Corporation har udviklet til entreprenøren Jurin Roofing Services (FIATECH 2006).

Construction Industry Institute, CII, der er knyttet til University of Texas at Austin har gennemført flere undersøgelser som benyttes i andre afsnit i denne rapport (bl.a. Haas et al 2002)

Listen i bilag 1 kortlægger 8 amerikanske systemer. Det er Skanska US vi er stødt på mest materiale om, som vi derfor fremstiller særskilt som case. Anekdotisk materiale viser at yderligere virksomheder også er i gang. Endelig er globale spillere som Primavera og Oracle også aktive i USA.

Frankrig og Belgien

I Frankrig synes det at være kombinationen af en lille software udvikler, Dynalog og en stor entreprenørs tele afdeling; Buygues Telecom, de har været "first movers". Dynalog er senere solgt til den engelske Enterprise Resource Planning-gigant SAGE. Den franske byggeforsknings- og vidensinstitution CSTB er aktiv i feltet i det mindste med et projekt "Collaborator". Der er tre systemer medtaget i bilag 1.

Tilsvarende er en lille software udvikler aktiv i Belgien (ADIIsoft, systemet Millenium), ligesom universitetet i Namur udbyder kurser i brugen af mobiltelefoni på byggepladsen.

Skandinavien; Norge, Sverige og Finland

Der er en stor håndfuld firmaer og en gruppe af vidensinstitutioner der er i gang med at eksperimentere med dedikerede systemer på byggepladsen. Derimod er almindelige mobiltelefoner i udbredt brug.

Skanskas initiativer omfatter Sverige og Finland. Der i foråret 2006 to projekter i gang i Skanska regi med tablet PC-ere i Sverige. Begge er opfølgningerne på Skanska US- erfaringer fra Duke universitet som beskrevet nedenfor (Löfgren 2006). I Finland har Skanska et lignende projekt i gang.

En faktor, der kan skubbe på for yderligere anvendelse af mobiltelefoni er virksomhedernes øgede brug af mobiltelefoner, som eneste basis telefon (man går væk fra fastnettelefoner). Dette gøres blandt andet for sikre gnidningsfri kommunikation uafhængigt af sted.

Luleå Universitet, instituttet for samhällsbygg huser et initiativ, e-bygg, der arbejder med en stribe ITprojekter indenfor byggeri. Et initiativ var i 2003 at gennemføre et feasibility studie for IKT på byggepladsen, kaldet field force automation (Olofsson og Emborg 2004). Dette studie peger på en række muligheder og barrierer på byggepladsen, herunder manglende tilpasning af software og manglende standarder. Projektet gennemfører dog ikke konkrete forsøg.

6. Udvikling af en taksonomi for opgaver

I dette afsnit udvikles en taksonomi der ligger til grund for en statusanalyse for de undersøgte internationale IKT-initiativer. Taksonomien skaber en forståelsesramme for arbejdsopgaverne forbundet med IKT-initiativerne, og bygger på en forståelse af bl.a. informationsflowet opbygget omkring bl.a. Haas et al. (2002) og COMIT's (COMIT 2004) erfaringer samt de undersøgte cases. Som det vil fremgå, er der ikke automatisk enighed om, hvilke arbejdsopgaver der er relevante for IKT. Det skyldes blandt andet IKT-leverandørernes forskellige fremstillinger. Derefter præsenteres opdelingen i arbejdsopgaver på byggepladsen og i basisorganisationen, som er benyttet til at kategorisere IKT-initiativerne. Efterfølgende præsenteres de vigtigste resultater fra gennemgangen af internationale IKT-initiativer, og afslutningsvis betragtes samspillet mellem byggeplads og basisorganisation.

Information i byggeriets processer

IKT-værktøjerne vil ofte blive benyttet i forbindelse med information og kommunikation. Byggeindustrien genererer enorme mængder information. Selvom den europæiske byggesektor er den største industrielle gruppe i Europa, der repræsenterer 11 % af de samlede BNP, er sektoren et umodent marked for mobilteknologiske løsninger (Bowden et al. 2003). Hvor der er lagt talrige investeringer i tegninger og projektledelse er det sidste stykke vej, med kommunikation og udveksling af data på byggepladsen, ikke blevet udviklet ifølge Bowden. Arbejdsprocesserne på byggepladsen kræver en kompleks koordination mellem talrige aktører for at udføre en række aktiviteter. Effektive arbejdsprocesser afhænger af en god synkronisering af materialeleverancer, materiel, bemanning og arbejdsopgaverne. Koordinationen af opgaverne kompliceres ofte af pressede tidsplaner og krav om produktivitet, fysiske begrænsninger, usikkerheder når information videregives gennem flere led, misforståelser og iterative forhandlinger når der opstår uventede hændelser. En dansk undersøgelse fra 2004 af byggeledere (Apelgren og Holten Nielsen 2003) viser, at mange opgaver løses samtidig, og at mange arbejdsopgaver er udsat for afbrydelser. Desuden er der en risiko for ændringer i hver af aktiviteternes rammer, f.eks. omkostning, forskrifter, deadline etc. hvilket i sig selv indikerer, at der er stor risiko for uoverensstemmelser mellem aktiviteterne (Magdic et al. 2004). Derudover er aktørerne typisk placeret på forskellige lokaliteter, hvilket yderligere komplicerer adgangen og overførslen af kritisk projektinformation. Specielt formændene opholder sig på selve byggepladsen det meste af tiden, hvor informationen er svært tilgængelig udover fysisk at bevæge sig ind i byggepladsens skurvogn eller andre steder, hvor informationen måtte være tilgængelig. Byggeprojekter oplever ofte omfattende forsinkelser og efterbearbejdning som følge af information, der enten er utilgængelig, upræcis eller forældet. Disse forsinkelser formindsker produktiviteten og skaber indirekte omkostninger i form af tidsplansforskydninger eller direkte omkostninger fra efterbearbejdningen. (Haas and

al. 2002). Ønsket i byggesektoren er, at have adgang og kunne bestyre al information, der produceres på ethvert tidspunkt i projektet (ICE 2004).

Informationsbehovet i byggeriet er øget i takt med, at projekterne bliver mere komplekse og bygherrernes ønsker er blevet krævende. Entreprenørerne har været nødt til at køre med stramme budgetter og tidsplaner for at forblive konkurrencedygtige. Som en konsekvens heraf, er entreprenørerne i større og større grad blevet afhængige af moderne informationsteknologi. Ved at kunne styre informationerne mere effektivt, håber man at kunne tilføre ekstra værdi til byggeprojekterne. Derfor er en forståelse af informationsflowet på et byggeprojekt og de enkelte aktørers rolle i forbindelse med tilblivelsen, ændringer, adgang og overførslen af information vital (Haas et al. 2002).

En forskningsprojekt (O'Connor and Won 2001) på tværs af industrier udførte en indgående analyse af i hvilken grad arbejdsopgaver er automatiserede og benytter informationsteknologi. O'Connor & Won opererer med 15 byggeledelses arbejdsfunktioner og 11 byggetekniske arbejdsfunktioner. De arbejdsfunktioner, hvor teknologi benyttedes mest var "udarbejdelse af detaljeret byggeplan", "opdatering af forventede udgifter" og "arbejdets fremdrift og timelønsudgifter". De arbejdsfunktioner hvor teknologi var mindst benyttet var "kommunikation af ændring til byggepladsen" og "kommunikation af projektafklaringer og svar". Betydningen af disse lavteknologiske funktioner blev belyst af O'Connor and Yang (2002), som betragtede samspillet mellem brug af teknologi og projektets succesmål. De konkluderede, at projektets succes i forhold til overholdelse af tidsplanen i høj grad afhænger af brugen af teknologi, eller mangel på samme, i forbindelse med seks arbejdsopgaver, herunder kommunikation og svar på projektafklaringer samt opdatering af as-built-tegninger.

IKT-programmer til samarbejde på tværs af projektet er en metode til at få integreret informationsstrømmene på projektniveauet. Unger (2003) skriver, i en amerikansk undersøgelse at "i 2001 havde 40 % af hovedentreprenørerne prøvet programmer designet til at samarbejde på tværs af et projekt ifølge Construction Financial Management Association's '2002 Information Technology Survey for the Construction Industry.'

En fransk undersøgelse fra 2003 (CAPEB 2003) viser, at 84 % af de små entreprenører benytter IT til regnskabsstyring, mens 11 % af de små entreprenører benytter IT i forbindelse med byggestyring. Det er samtidigt bemærkelsesværdigt at mobilteknologi ikke er med i rundspørgen.

Andre undersøgelser taksonomier

For at skabe en taksonomi er det relevant at undersøge hvilke arbejdsopgaver der er forbundet med IKT på byggepladsen. I det følgende præsenteres inddelinger i arbejdsopgaver på byggepladsen knyttet til IKT-værktøjer fra diverse undersøgelser.

Ifølge Sanvido and Messner (1992) kan informationen på byggepladsen inddeles i følgende fem underkategorier:

1. Procesinformation
2. Produktinformation
3. Proceskontrollinformation
4. Feedback
5. Information om flaskehalse

(Stukhart and Nomani 1992, de la Garza and Howitt 1998) inddeler de vigtigste kategorier af opgaver i forbindelse med information i byggeriet:

1. Ansattes registrering af timer, tilstedeværelse og arbejdsopgaver
2. Tidsplan og ressourcekontrol
3. Materialestyring
4. Lokalisering af værktøj
5. Dokumentkontrol
6. Tegningskontrol
7. Kvalitetskontrol
8. Styring af udstyr
9. Projektafklaring
10. Omkostningsstyring/budget
11. Registrering af aktiviteter
12. Afrapportering
13. Sikkerhedsobservation

Haas et al:

Haas et al.(2002) har undersøgt håndholdte computeres betydning for byggesektoren, og nedenstående bygger på denne undersøgelse.

Haas et al. (2002) sammenskriver sin version på basis af følgende litteratur: (Bell and McCullouch 1988, Stukhart and Cook 1989, Lawyer 1991, Dib and Grobler 1992, Stukhart 1992, McCullouch and Gunn 1993, McCullouch and Lueprasert 1994, Williams 1994, Davidson and Skibniewski 1995, Liu et al. 1995, Tommelein 1997, Lindorfs et al. 1999, Thomas 1999, O'Connor and Dodd 2000, and Sunkpho et al. 2000). Han kommer frem til følgende opdeling:

- | | |
|--------------|------------------------|
| • Bogholderi | • Bygningsinspektion |
| • Stregkode | • Omkostningsberegning |

- | | |
|---|--|
| • Daglig logbog | • Vidensdelingssystem |
| • Dokument kontrol | (Knowledge Base Systems (KBS)) |
| • Bemanding: identifikation og adgangskontrol | • Sikkerhedsdokumentation for materialer |
| • Ressourcestyring | • Styring af materialer |
| • Lokalisering af udstyr | • Kontoropgaver |
| • Vedligeholdelse af udstyr - planlægning | • Vedligeholdelse af procesudrustning |
| • Geografisk Informations System (GIS) | • Indkøb |
| • Global Positioning System (GPS) | • Tidsplanlægning |
| • Informationsstyringssystemer | • Tidsstyring |
| • Lagerstyring | |

Årstallene for referencerne på de inddragne kilder illustrerer samtidig Haas-s udgangspunkt tidligt i det nye årtusind.

COMIT:

COMIT-projektet identificerer 11 processer på byggepladsen, som kan forbedres ved hjælp af mobil IT. COMIT beskriver hver enkelt af arbejdsprocesserne og forklarer derefter, de forbedringer en IT-løsning kan bidrage til. Omkostninger og potentielle vanskeligheder ved en implementering præsenteres også, ligesom COMIT illustrerer en succesfuld implementering for de fleste af de 11 arbejdsprocesser ved case-studier. De 11 arbejdsprocesser ses i Figur 1 nedenfor, med COMIT's fremstilling for de involverede brugere/aktører, arbejdsopgavernes fysiske placering, antallet af IKT-løsninger for hver proces, fordele for henholdsvis brugerne og organisationen samt en vurdering af, hvor svært det vil være at implementere IKT-værktøjerne.

COMIT identificerer tre underopgaver i arbejdsgangen med fordelingen og brug af tegninger: fordeling af tegninger fra rådgivere til entreprenør, tegningsfordeling på pladsen samt brug af tegninger på pladsen. Der er mange forskellige aktører involveret både på kontorerne og på byggepladsen, og mange arbejdsopgaver og håndteringer af tegningerne.

Der er bl.a. problemer med:

- Langsomme og mange (manuelle) delprocesser
- Forsinkelser eller risiko hvis godkendelse mangler
- Tegningsversioner/gyldighed af tegninger
- Projekter med sideløbende design og udførsel
- Den elektroniske informationsstrøm standser brat ved byggepladskontoret
- Store krav til versionskontroller og viden om, hvem der har hvilke tegninger på ethvert tidspunkt
- Omkostninger i tid og penge er enorme, hvis der bygges efter gamle versioner

Optimering af arbejdsprocesser ved mobile løsninger ifølge COMIT:

- Elektronisk overlevering af tegninger til den udførende
 - F.eks. via PDA, Tablet PC (via WLAN) og evt. ePaper
 - Benyttes et integreret fælles fildelingssystem, kan tegningerne hentes herfra, hvilket sikrer versionskontrol
- Automatisk meddelelse om opdatering af tegninger
 - En billig løsning er et sms-system, hvor man spørger systemet om navnet på seneste version.
 - Registrering af brugere af tegningen f.eks. via stregkode eller ID.
 - Brugere advares, hvis en tegning i brug opdateres
- ”As built”-information kan indtastes direkte på stedet

COMIT vurderer, at implementeringen af ovennævnte ikke har nævneværdige teknologiske barrierer, da løsningerne i dag allerede findes.

Registrering af projektets fremdrift

Overvågning af projektets fremdrift er vigtigt for at sikre, at de enkelte arbejdsopgaver er udført til tiden, at den samlede tidsplan følges. Der kan være store omkostninger, hvis ikke projektet færdiggøres i henhold til kontrakterne. COMIT beskriver, at der uformel rapportering af projektets fremdrift ofte skal udføres dagligt, mens den mere formelle registrering typisk vil foregå på uge- eller månedsbasis.

Der er bl.a. problemer med:

- Stor arbejdsbyrde og mange gentagelser – papirbaseret
- Aktuell fremdrift bygger på pladsleders vurdering
- Involverer mange aktører, steder og opgaver

Optimering af arbejdsprocesser ved mobile løsninger ifølge COMIT:

- Planlægningsværktøjer til prognoser på fremtidige opgaver
 - Detaljerede ugeplaner: aktiviteter, forventet fremdrift og aktuell fremdrift
 - Adresseret til relevante aktører

Arbejdsproces	Brugere	Placering	Antal løsninger	Fordele		Implementering
				Brugere	Organisation	
1. Tegninger: Fordeling og brug	Pladsledelse og håndværkere	Rådgiver og byggeplads	Flere	Medium	Medium	Let
2. Sikkerhed og sundhed	Sikkerhedsrepræsentanter mfl	Byggeplads	Flere	Medium	Høj	Medium
3. Opgave fordeling, instruktion og opsamling	Formænd og håndværkere	Byggeplads	Få	Medium	Medium	Medium
4. Projektafklaring på pladsen	Rådgivere og udførende	Rådgiver og byggeplads	Få	Høj	Høj	Svær
5. Registrering af folk på pladsen	Plads security	Byggeplads adgang	Mange	Lav	Medium	Let
6. Overvågning af farlige /kritiske aktiviteter	Formænd og håndværkere	Byggeplads	Få	Medium	Høj	Medium
7. Projektets fremdrift/stade	Pladsledelse og planlægning	Byggeplads og byggepladskontor	Flere	Medium	Høj	Medium
8. Kvalitetssikring	Pladsledelse	Byggeplads	Få	Høj	Høj	Medium
9. Modtagekontrol og følgesedler	Formænd og leverandører	Byggeplads og byggepladskontor	Flere	Medium	Høj	Svær
10. Dagbog for pladsen	Pladsledelse og assistenter	Byggeplads og byggepladskontor	Flere	Medium	Høj	Medium
11. Vedligeholdelse	Drift- og vedligeholdelse	Plads	Flere	Medium	Høj	Medium

Figur 1: 11 arbejdsprocesser, der kan forbedres med mobil IT ifølge COMIT. (website accessed april 2006)

COMIT's opstilling af arbejdsprocesser fra Figur 1, bidrager til en forståelse af, hvilke arbejdsopgaver der er relevante at inddrage i en undersøgelse. Desuden giver figuren et godt visuelt perspektiv for, hvilke muligheder og vanskeligheder der er forbundet med en given IKT-løsning i forhold til de fordele man opnår. For en yderligere uddybning henvises til COMIT's hjemmeside.

Cox et al. (2002) beskriver en række data, der ofte indsamles på byggepladsen - typisk på daglig basis, og kategoriserer dem:

- Kronologisk arkivering af projektkorrespondance og notater – inklusiv projektafklaring (RFI)
- Leveranceændringer og ordreafkald
- Kvalitetskontrol og forsikrings-/garantioptegnelser
- Registrering af byggepladsaktiviteter og fremdrift
- Registrering af ressourcer inkl. mandskab, materiel og materialer

Det ses, at der er et sammenfald mellem flere punkter fra Cox et al. (2002) og COMIT.

Denne rapportes taksonomi

For at skabe en forståelsesramme for de internationale IKT-initiativer, har vi udviklet en taksonomi hovedsageligt på basis af bidragene fra Haas et al. (2002), COMIT samt IKT-leverandører. Det ses, at de præsenterede bidrag til forståelsen af arbejdsprocesser forbundet med IKT i byggesektoren har mange lighedspunkter. Med udgangspunkt i disse bidrag, samt de undersøgte cases har vi skabt en forståelsesramme for de arbejdsopgaver, der er forbundet med byggeprocessen generelt og kategoriseret og afgrænset disse opgaver, så det er muligt, at sammenligne de undersøgte værktøjer. Den endelige struktur for kategoriseringen af IKT-værktøjerne er blevet til i en dynamisk proces efterhånden som case-materialet er blevet behandlet.

Det ses fra COMIT-præsentationen, at IKT-værktøjerne henvender sig mod arbejdsopgaver både på byggepladsen og på kontorer. Dette har ledt til en overordnet todeling i arbejdsopgaver på henholdsvis byggepladsen og i basisorganisationen.

IKT-værktøjerne hjælper ofte til at lette kommunikationen og nedbringe antallet af arbejdsoperationer forbundet med den konkrete opgave. Et eksempel kan her være opdatering/ændringer af tegningsmateriale, hvor man uden brug af IKT-udstyr sætter en større proces i gang, der involverer folk i mange led af videnforsyningsnetværket, helt fra arkitekt og/eller rådgiver over trykkeri og eventuelt projektansvarlig i basisorganisationen, til byggeledelsen, formand og udførende på pladsen. En automatisk digital tegningsopdatering vil altså understøtte arbejdet på såvel byggepladsen som i basisorganisationen, og sådan vil det oftest være for de undersøgte IKT-værktøjer. Opdelingen virker også relevant i forhold til, at man må forvente, at IKT-værktøjerne hovedsageligt understøtter kommunikationen mellem basisorganisationen og byggepladsen, da det oftest må være denne kommunikation, der kan være besværlig. På byggepladsen alene har man således mulighed for relativt direkte kommunikation aktørerne imellem, men i forhold til at bringe informationen videre er der anderledes store barrierer, som skal forceres, og som nedbringes via IKT-værktøjerne.

Når opdelingen i henholdsvis basisorganisation og byggeplads er realiseret, er det nødvendigt at kategorisere de arbejdsområder, som IKT-værktøjerne understøtter i forhold til byggeprocessen. En opdeling der kunne anvendes for byggepladsen kunne f.eks. være en underinddeling af arbejdsopgaverne i forhold til de enkelte fag/entrepriser, f.eks. i tømrer, VVS, murer, maler osv. Vi mener dog, at en sådan opdeling umiddelbart ikke vil bidrage til at sammenligne de forskellige IKT-værktøjerne – måske tvært imod. Derimod har vi valgt at betragte hvilke arbejdsprocesser IKT-værktøjerne henvender sig imod uden at skelne mellem fag. Det vil sige punkter, der kan betragtes i forhold til de fleste entrepriser – såvel hoved- som underentrepriser. Dette har i sidste ende medført en understruktur for arbejdsprocesser på byggepladsen og i basisorganisationen, der yderligere er konkretiseret i arbejdsopgaver.

I Tabel 1, nedenfor, ses den endelige struktur for arbejdsprocesser og – opgaver med en uddybning af de enkelte underpunkter. Arbejdsprocesserne er opdelt i processer der i basisorganisationen knytter sig til styring af ressourcer, styring af projektmaterialer, kvalitetssikring, videndeling, sikkerhed, kalkulation og indkøb, mens de for byggepladsen er opdelt i processer der knytter sig til styring af ressourcer, styring af byggeprocessen overordnet, projektmateriale, kvalitetssikring, videndeling, sikkerhed, indkøb og kommunikation. Det ses, at disse arbejdsprocesser i store træk kan knyttes til de fleste af entrepriserne i et byggeprojekt.

	Arbejdsproces	Arbejdsopgave	Kommentar: Opgaver, hvor IKT benyttes til:
	Integreret værktøj		
Basis-Organisation	Ressourcestyring	Økonomi	- at styre entreprisens økonomi
		Overordnet økonomi	- at styre projektets totaløkonomi – hovedsageligt bygherre
		Timestyring	- at styre projektets tidsforbrug
		Projektstyring	- styring af projektet
	Projektmateriale	Tegninger	- at administrere projektets tegninger
		Referater	- at administrere projektets referater
		Manualer	- at administrere projektets manualer
	Kvalitetssikring	Proces	- KS vedrørende byggeprocessen
		Produkt	- KS vedrørende produktet
	Videndeling		- videndeling: Omfatter reelt alle punkter hvor projektmateriale og KS indgår
Byggeplads	Sikkerhed		- sikkerhedsarbejdet
	Kalkulation		- kalkulation
	Indkøb	Aftaler	- at indgå og administrere aftaler med leverandører af viden og materialer
		Udløsning af ordrer	- at udløse indkøbsordrer
	Projekt Management		- at overordnet byggepladsstyring – typisk integrerede værktøjer
	Ressourcestyring	Timeregistrering	- at styre entreprisens tidsforbrug
		Arbejdsordrer	- at kommunikere arbejdsordrer
		Område/placering (GPS)	- at registrere placeringen af ressourcerne via GPS
		Materialer	- at administrere entreprisens materialer
		Materiel	- at administrere entreprisens materiel
		Kørselsregistrering	- at administrere kørsel
		IT-støtte for LC	- at understøtte Lean Construction
	Proces	Manualer	- at sikre, at opdaterede manualer er tilgængelige på det rette tidspunkt
		Automatiske beregninger	- at systemet laver beregninger automatisk, f.eks. mængder, afstande mm.
		Stade	- at registrere arbejdets stade (fremdrift)
	Projektmateriale	Tegninger	- at sikre, at opdaterede tegninger er tilgængelige på det rette tid og sted
		"As-Built"-tegning	- at "As-Built"-tegninger indføres automatisk i databasen
		Dokumenter	- at sikre, at opdaterede manualer og referater er tilgængelige på det rette tid og sted
	Kvalitetssikring	Byggeproces	- manuel registrering af byggeprocessens kvalitet i forhold til beskrivelser
		Byggeprodukt - Fejl ved udførsel	- manuel registrering af fejl i byggeproduktet under udførelsen, der altså kan rettes op
		Byggeprodukt - Slutkvalitet	- manuel registrering af fejl i byggeproduktets slutkvalitet
		Modtagekontrol	- at registrere kvalitet for materialer og materiel ved modtagelse
	Videndeling		- videndeling: Omfatter reelt alle punkter hvor projektmateriale og KS indgår
	Sikkerhed	Sikkerhedsaudit	- at gennemgå sikkerhedsniveauet
		Sundhed	- at gennemgå byggepladsens sundhed
		Risici	- at kortlægge sikkerhedsrisici
		Forebyggelse	- at forebygge ulykker
	Indkøb	On-site-indkøb	- at igangsætte indkøbsproces direkte på byggepladsen
	Kommunikation	Mobiltelefon	- at kommunikere via mobiltelefon
		Mobil Email	- at kommunikere via email på pladsen
		Foto	- at registrere via fotos
		Audio	- at registrere via lys

	Konferencetelefon	- at kommunikere med multiple aktører i konference via telefon
Opmåling		- opmåling

Tabel 1: Beskrivelse af arbejdsprocesser og arbejdsopgaver i henholdsvis basisorganisation og på byggepladsen.

Det bør bemærkes at opdelingen arbejdsprocesser- arbejdsopgaver i denne version ikke er helt knivskarp. Arbejdsprocesser kunne ligeså have heddet overordnede arbejdsopgaver.

Opdeling i dedikerede og integrerede værktøjer.

Der er stor forskel på egenskaberne for de forskellige IKT-systemer, og på denne baggrund synes det relevant at opdele værktøjerne i specielt to typer. Hermed kan det synes relevant at skelne mellem ”integrerede” og ”dedikerede” værktøjer. Hvor de integrerede værktøjer er systemer, der dækker store dele af projektledelsen og arbejdsopgaver i forbindelse med byggesagen, er de dedikerede værktøjer systemer, der er specialiserede imod specifikke opgaver. Eksempler på et integreret system er projektweb, mens et eksempel på et dedikeret værktøj er E-tjeks system til kvalitetssikring, som er indgående beskrevet i rapport 1.

I bilag 1 ses en samlet oversigt over alle systemerne, der har været inddraget i undersøgelsen. I de næste afsnit fremhæves en illustrativ oversigt over udvalgte initiativer for henholdsvis de dedikerede og integrerede værktøjer, bl.a. indeholdt de værktøjer vi har valgt at beskrive mere indgående i case-eksemplerne senere i nærværende rapport.

I Tabel 2, nedenfor, præsenteres en række illustrative dedikerede værktøjer i den ovenfor illustrerede opdeling i arbejdsproces og arbejdsopgave, mens Tabel 3 præsenterer en række illustrative integrerede værktøjer. Den samlede oversigt over alle de undersøgte IKT-initiativer ses i bilag 1, fordelt på to A3-ark.

			UK COMIT		
			Stent Foundations Limited	Data Mobility Limited	Cognito Software Suite
			Stent 1 - Wembley Stadium Stent 2 - Kings Cross	Mace ClearIT: Defect Management, Quality Control	Rosser & Russell Building Services: Værktøj henvendt mod vedligeholdelses- ingeniører. SW: Cognito Software Suite
			Udførende og pladsingeniører	Pladsledelsen	Vedligeholdelsesingeniø rer
Basis- Organisation	Arbejdsproces	Arbejdsopgave			
	Integreret værktøj (				
	Ressourcestyring	Økonomi			
		Overordnet økonomi			
		Timestyring			
		Projektstyring			
	Projektmateriale	Tegninger			
		Referater			
		Manualer			X
	Kvalitetssikring	Proces	X	X	
		Produkt		X	X
	Videndeling		X	X	X
	Sikkerhed				
	Kalkulation				
	Indkøb	Aftaler			
		Udlæsning af ordrer			
Byggeplads	Projekt Management				
	Ressourcestyring	Timeregistrering			
		Område/placering (GPS)			I
		Materialer			
		Materiel			
		Kørselsregistrering			
		IT-støtte for LC			
	Proces	Manualer			
		Automatiske beregninger			
		Stade			I
	Projektmateriale	Tegninger			
		"As-Built"-tegning			
		Dokumenter			
	Kvalitetssikring	Byggeproces			
		Byggeprodukt - Fejl ved udførsel	I/H	I/F	
		Byggeprodukt - Slutkvalitet		I/F	
		Modtagekontrol		I/F	
	Videndeling		I/H		
	Sikkerhed	Sikkerhedsaudit	X	X	
		Sundhed			
		Risici			
		Forebyggelse			
	Indkøb	On-site-indkøb			
	Kommunikation	Mobiltelefon			
		Mobil Email			
		Foto			

	Audio			
	Konferencetelefon			

Tabel 2: Eksempler på dedikerede værktøjer.

Signaturforklaring: X er basisorganisation, B byggepladsledelse, F formand, H håndværker og A alle.

			UK	USA	-
			COMIT	Fra www.constructware.com	-
			Software	Constructware ASP	Primavera
			Kommentar	ASP program til brug for alle byggeriets parter	
			Brugere	Alle aktører i byggeprocessen: Bygherre, Hovedentreprenør, arkitekter, rådgivere, byggeledelse og UE'ere.	Alle aktører i byggeprocessen: Bygherre, Hovedentreprenør, arkitekter, rådgivere, byggeledelse og UE'ere.
			Arbejdsproces	Arbejdsopgave	
			Integreret værktøj	X	X
Basis-Organisation	Ressourcestyring	Økonomi		X	X
		Overordnet økonomi			X
		Timestyring		X	X
		Projektstyring		X	X
	Projektmateriale	Tegninger	X	X	X
		Referater		X	X
		Manualer	(X)	X	X
	Kvalitetssikring	Proces		X	X
		Produkt		X	X
	Videndeling		X	X	X
	Sikkerhed				
	Kalkulation				
	Indkøb	Aftaler			
		Udløsning af ordrer		X	
	Byggeplads	Projekt Management			
Ressourcestyring		Timeregistrering		I	X
		Område/placering (GPS)		(I)	(X)
		Materialer		(I)	(X)
		Materiel		(I)	X
		Kørselsregistrering		(I)	X
		IT-støtte for LC		(I)	X
Proces		Manualer			
		Automatiske beregninger			
		Stade			I
Projektmateriale		Tegninger			
		"As-Built"-tegning			
		Dokumenter			
Kvalitetssikring		Byggeproces		(I)	
		Byggeprodukt - Fejl ved udførsel		(I)	X
		Byggeprodukt - Slutkvalitet			(X)
		Modtagekontrol			(X)
Videndeling					
Sikkerhed		Sikkerhedsaudit	X	X	X
		Sundhed			
		Risici			

		Forebyggelse			
	Indkøb	On-site-indkøb			
	Kommunikation	Mobiltelefon			
		Mobil Email			
		Foto			
		Audio			
		Konferencetelefoni			

Tabel 3: Eksempler på integrerede værktøjer.

7. Case-eksempler

I dette afsnit præsenteres udvalgte cases, der er inddraget i undersøgelsen. Casene er valgt for at illustrere såvel dedikerede og integrerede værktøjer samt værktøjer fra flere geografiske områder.

Det første eksempel er en britisk entreprenør, MACE, hvor håndholdt IKT benyttes til fejlstyring og kvalitetskontrol. Derefter inddrages Stent Foundations Limited, UK, hvor IKT-værktøjer benyttes til styring af funderingsopgaver. For integrerede værktøjer illustreres FACS fra ShareChieve LLC fra Californien, U.S.A, der er et integreret værktøj, der benyttes i hele byggeprocessen. Afslutningsvis illustreres to eksempler på, hvordan værktøjerne kombineres. Dette gøres ud fra en konkret byggesag ved Duke University, Durham, NC, hvor Skanska USA Building Inc. fungerede som entreprenør, og man benyttede en række værktøjer til at optimere byggeprocessen. Og Webcor Builders, en amerikansk entreprenør, der benytter en kombination af IKT-værktøjer.

Flere case-eksempler fra COMIT kan ses (på engelsk) i Bilag.

7.1 Dedikerede værktøjer

Case-eksempler på dedikerede værktøjer, der er rettet mod en bestemt byggeproces eller opgave, er først MACE og derefter Stent Foundations Limited. MACE casen er frit oversat fra COMIT, mens Stent casen er bearbejdet ud fra COMIT med supplerende kilder. FACS er beskrevet ud fra tilgængeligt materiale på webben. SkanskaUS bygger på flere kilder. Endelig bygger Webcorecasen på internettilgængeligt materiale.

MACE, Cambridge, UK

Case-kilde:	COMIT, UK, 2005
Proces:	Fejlstyring og kvalitetskontrol.
Brugere:	Ingeniører
Hardware:	Sony Palm one
Software:	Clear IT, Data Mobility Limited
Område:	Cambridge UK
Webside	http://www.mace.co.uk/
Omkostning:	ca. 390.000 kr.

Entreprenørfirmaet

MACE er en britisk entreprenør, der arbejder med bygge- og projektledelse. Derudover er MACE aktiv i ejendomssektoren. MACE beskæftiger omkring 1.400 personer i Storbritannien og resten af verden – bl.a. Tyskland, Asien, Mellemøsten og Spanien.

Baggrund

Der var behov for en mere præcis og hurtig opdatering af data fra byggepladsen i forbindelse med den store mængde papirarbejde, der blev udført i forbindelse med Mace's arbejder. Det papirbaserede system var både tidskrævende at administrere og havde store sandsynligheder for fejl ved dataoverførslen – f.eks. som følge af forkert afskrivning eller tydning af det skrevne. Firmaets politik dikterer en proaktiv indsats i forbindelse med at registrere fejl i byggeprocessen og sikre afhjælpende foranstaltninger, ligesom en proaktiv indsats er krævet i forhold til at udføre kvalitetskontrol på pladsen.

Det eksisterende papirbaserede system til at udføre kvalitetskontrol og registrere hindringer skabte usikkerheder og store omkostninger til administration for at fungere hensigtsmæssigt. Der var ofte anseelige forsinkelser forbundet med at få ført data fra papirerne ind i projekt databasen, der altså sjældent var fuldt opdateret. Bygherrerne havde ofte brug for større gennemsigtighed, ligesom de rapporterede iagttagelser og kvaliteten af det observerede arbejdet på pladsen skulle være mere pålidelige.

Tidligere procedurer/processer

I forbindelse med kvalitetsgennemgangen printedes checklisterne først ud af den tilsynsførende pladsingeniør, der gik derefter ud på pladsen, hvor listerne blev udfyldt i hånden på papir. Efter gennemgangen blev papirerne placeret i en bunke med checklister, før de blev indtastet i det relevante projektstyringssystem – enten af ingeniøren eller af en anden medarbejder på pladsen. Herefter blev lister med forhindringer der skulle udbedres udskrevet og viderebragt til den relevante UE. Når fejlene var udbedrede, blev dette igen registreret på en checkliste på pladsen, der derefter blev indtastet i projektstyringsprogrammet. Systemet var ineffektivt, da der er meget data på pladsen, og det meste af informationen der blev viderebragt til UE'en var enten forældet eller meget dyrt eller vanskeligt at udbedre. Selvom systemet blev benyttet korrekt, var det ikke særligt nyttigt til at oplyse om arbejdets aktuelle stade, da opdateringen var langsom. Ofte kunne der stilles spørgsmålstejn ved pålideligheden af papir-rapporterne fra byggepladsen, f.eks. hvis de indeholdt uafklarede punkter. Dette kunne resultere i forsinkelser, da disse punkter først måtte afklares hvilket i sidste ende førte til store administrationsomkostninger og sen, out-of-date og ofte unøjagtig information.

Nye procedurer/processer

Personalet på pladsen benytter nu håndholdte computere til at udfylde elektroniske versioner af checklisterne. En række teknologier kan blive benyttet til at opdatere Mace projektstyringssystemet automatisk med de udfyldte elektronisk checklister, afhængig af hvilken hastighed der kræves til opdatering på projektet eller pladsen.

Personalet på pladsen downloader de relevante checklister til PDA'en fra en PC i byggepladsskuret. Derefter udfyldes de elektroniske checklister på PDA ved en gennemgang på pladsen, og tilbage i byggepladsskuret synkroniseres PDA'en med PC'en igen for at opdatere projektdatabasen. Når en bestemt checkliste er i brug på en PDA advares andre eventuelle brugere om, at den konkrete liste allerede er i brug. Dette sikrer, at der ikke sker fejl i registreringen – f.eks. at de samme punkter registreres flere gange eller at data slettes.

Så snart data er uploadet i databasen, kan checklisterne printes ud og gives til underentreprenørerne. Der sikres hermed en hurtigere og mere præcis behandling af data og udbedrende foranstaltninger kan dermed iværksættes mere effektivt. Desuden leverer systemet et mere opdateret billede af byggeriets reelle stade.

Organisatoriske ændringer

Tidligere blev forretningssystemet i MACE betegnet som 'typisk' for byggesektoren, med standardiserede papirbaserede systemer til der rapporterede tilbage til hovedorganisationen via projektstyringssystemer på pladsen. Kvalitetssikringen og registreringen af fejl på byggepladsen var en omkostningstung del af arbejdet på pladsen, både mht. tid og penge. Den nye løsning sikrer bedre processer på pladsen og sikrer, at man får et bedre billede af den aktuelle status for tidsplanen. Systemet sikrer også et bedre fokus på de registrerede fejl og en mere effektiv proces til at udbedre disse fejl.

Omkostninger

De totale omkostninger til den mobile computer-løsning var ca. 390.000 kr. Hovedudgifterne var knyttet til:

- Problemanalyse og design af løsningen
- Softwarekodning af moduler og kontaktflader
- Indkøb af hardware
- Tid brugt til udvikling

Tid

Tidligere gik 20 % af ugens arbejde til at administration, men nu opdateres databasen på få minutter. Bygherren har nu mulighed for at få en aktuel status for de igangværende arbejder på pladsen, da man i alle faser af byggeriet nu registrerer og opdaterer information til databasen, der nu også kan betragtes som pålidelig. Der er ikke længere mulighed for, at flere aktører registrerer de samme punkter samtidig, da systemet viser, hvis de konkrete dokumenter allerede bruges af en anden. Systemet

kræver ligeledes en præcis position af den registrerede fejl, hvilket letter arbejdet for UE'en.

Det administrative arbejde er nedbragt betydeligt. På nogle af Mace's større projekter med megen kvalitetskontrol kunne det kræve op til to fuldtidsstillinger for at sikre en ordentlig og effektiv manuel opdatering af projekt databasen, hvor det nuværende system nu opdateres automatisk ud fra de indtastede data fra pladsen.

Kvalitet

Fejl i forbindelse med indtastning og aflæsning af papirerne er blevet fjernet, ligesom opdateringshastigheden er sat i vejret. Den nye teknologi er ikke kun god for de udførende, men sikrer også bygherren en bedre gennemsigtighed i forbindelse med kvalitetssikringen.

De mere nøjagtige data gør arbejdet lettere på pladsen, f.eks. i forbindelse med små ting som at sikre en præcis forståelse af hvor fejlen er positioneret.

Teknologi

MACE-ansatte benytter Sony's PDA, Sony Clie, PalmOne, Zire Z71 eller Z72. Den nyeste model har bedre software og et kamera indbygget, ligesom den understøtter Bluetooth for trådløs overførsel af data.

PDA'en kan benytte en 'copy-paste'-funktion, hvilket letter registreringen af gentagne punkter ved tilsyn.

Softwaren er ClearIT (Quality Inspections & Snagging) udviklet af Data Mobility Limited, og svarer stort set til de gamle papir-formularer. Softwaren er synkroniseret med Mace's projektstyringsdatabase.

Fordele

Bedre gennemløb i byggeprocessen, mere nøjagtig rapportering, effektiv sortering af data på byggepladsen og mere gennemsigtighed i projektet. Hurtig og præcis opdatering af projektet og reducerede administrationsomkostninger, større kundetilfredshed og bedre kvalitet. Ligeledes knytter værktøjet en definition til Mace, som en organisation der vægter kundekvalitet højt.

Barrierer/erfaringer

I begyndelsen var der skepsis hos de ansatte imod ændringen i procedurene. De elektroniske checklister blev udfærdiget som de oprindelige papirbaserede lister, for at mindske modstanden mod det nye tiltag, og systemet blev tilsyneladende hurtigt accepteret blandt de ansatte.

Værktøjet har sikret, at fejl rapporteres hurtigere og mere præcist til de ansvarlige for udbedringen. Det bidrager til en bedre udbedringsproces, da man før

oplevede, at nogle fejl kunne være udbedret forkert i forhold til projektet, eller at de simpelthen ikke blev udbedret i tiden.

Brugerne af systemet har diskuteret den bedste måde at indtaste data på. Der argumenteres for, at et mini-keyboard måske vil kunne spare tid i forhold til den nuværende skrive-pen, der benytter sig af software, der oversætter håndskrift til digital skrift. Desuden er det vigtigt, at softwaren indeholder en 'copy-paste'-funktion, så gentagelser let kan indtastes, og desuden skal lister være logiske og funktionelle.

Nogle af terminalerne har haft problemer med, at softwaren skulle geninstalleres, når batterierne var flade. I de fleste modeller kommer data dog tilbage, når der synkroniseres med computeren.

De første projekter var tidskrævende, da hele systemet skulle bygges op fra bunden. Udviklingstiden er dermed reduceret på efterfølgende projekter. Der har også været et større udviklingsarbejde forbundet med, at få systemet til at fungere sammen med Mace' eksisterende databaser, i forhold til at systemet havde fungeret uafhængigt af andre systemer.

Stent Foundations Limited, UK

Case-kilde:	COMIT 2005, byggepladsbesøg i 2005, Ward et al (2004)
Proces:	Styring af funderingsopgaver
Brugere:	Håndværkere og byggepladsingeniører
Hardware:	Advantech / Cisco Systems
Software:	Specialfremstillet – web-baseret
Område:	Wembley Stadium og Kings Cross underground station, London, UK
Webside	http://www.stent.co.uk/ accessed april 2006
Omkostning:	Ca. 770.000 kr.

Entreprenørfirmaet

Stent Foundation Ltd. er en del af Balfour Beatty Group og præsenterer sig selv som et ledende ingeniørfirma indenfor fundering. Stent projekterer og udfører fundering for alle slags bygninger og bygningsarbejder. Firmaet har kontorer i Hampshire, Derbyshire and Glasgow foruden en fabrik i Nottinghamshire, og beskæftiger over 200 personer.

Baggrund

Styringen og kvalitetskontrollen af funderingsarbejderne var meget afhængig af papirbaseret dokumentation, der blev udfyldt på selve byggepladsen. Det store papirarbejde kombineret med et ofte stort antal designændringer under udførelsen

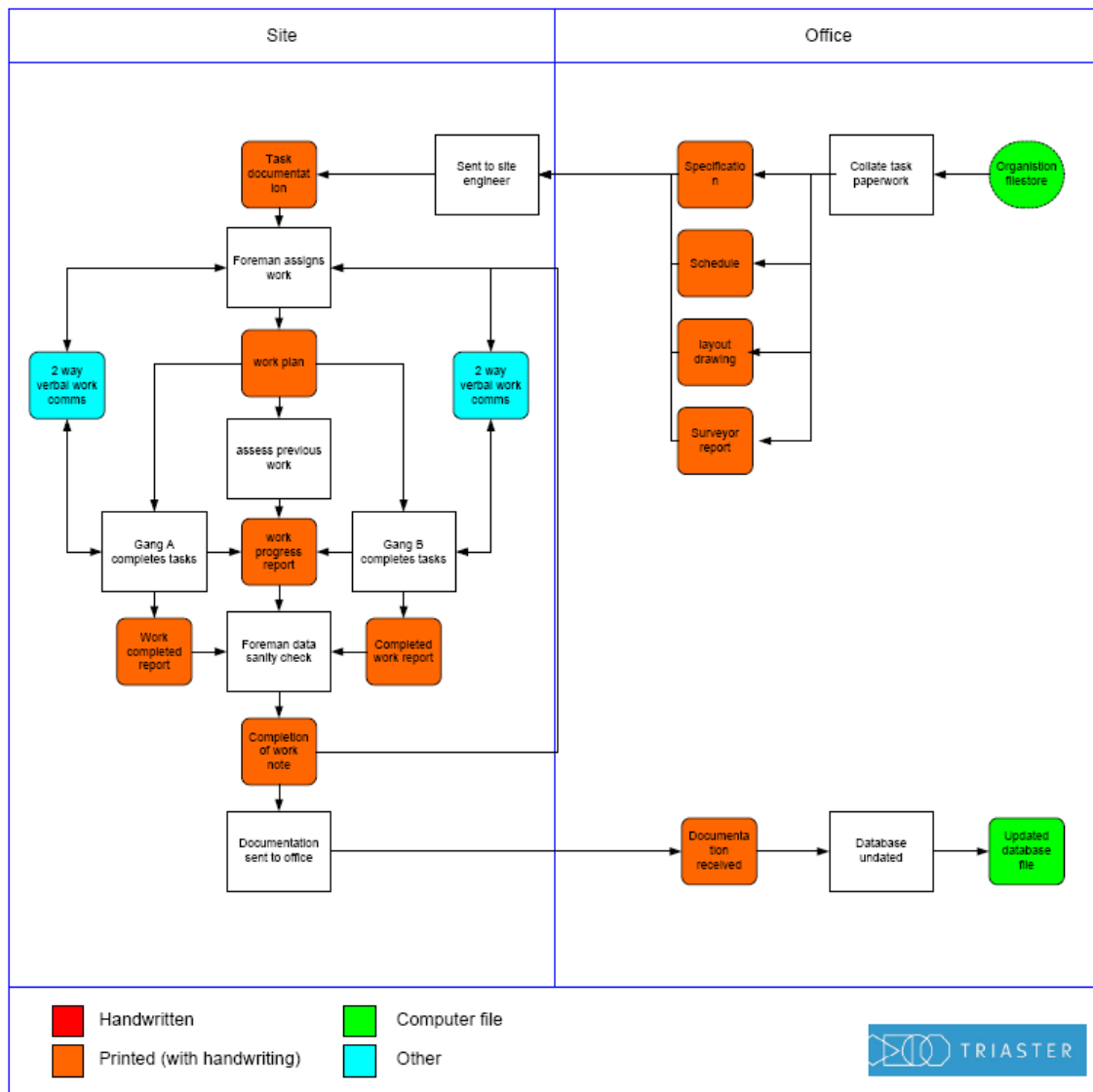
ledte uundgåeligt til fejl. Afvigelserne i projektet er ofte dyre at udbedre. Opdateret information er essentielt for at udføre arbejdet ordentligt, ligesom nøjagtige registreringer af det udførte er nødvendigt for at dokumentere, at arbejdet følger standarder og forskrifter. Informationen kom ofte forbi mange led i processen; håndværkere, formænd, leverandører, pladsledelsen og/eller bygherren.

Tidligere procedurer/proces

Funderingen foregår typisk ved at et hul bores ud og fyldes med stål og flydende beton. Dybde, diameter og volumen på stål og beton afhænger af den bygning som den færdige pæl skal understøtte. Tidligere overgav formanden information til de udførende om placering, dybde, diameter og volumen mv. i form af håndskrevne eller verbale instruktioner. Dataene stammer fra flere kilder som tegninger, beskrivelser og planer. Under udførslen registrerede de udførende "as-built"-information i notesbøger og videregav disse til formanden dagligt. Formanden videreførte denne data til specielle formularer, der blev videresendt til hovedkontoret ugentligt. Noget af denne data blev igen kopieret videre til en elektronisk database af kontorpersonalet.

Formanden er nøglepersonen i denne kontrol og registrering af data fra byggepladsen. Først er han ansvarlig for at frembringe og videregive arbejdsinstruktionerne, og siden for at modtage og videresende "as-built"-information. Der er megen verbal og skriftlig kommunikation, hvor der er stor risiko for misforståelser og fejltolkninger af informationen. Tidligere kunne funderingen ofte være udført hurtigt og upræcist, og beregninger var ofte foretaget hurtigt af formanden.

I Figur 2 nedenfor ses et procesdiagram for de hidtidige procedurer.



Figur 2: Procesdiagram, gamle procedurer (Kilde: COMIT).

Ny procedurer/process

Man udviklede et specialfremstillet, web-baseret, fleksibelt og trådløst netværk vha. Cisco Aironet-produkter til at benytte direkte på byggepladsen. Løsningen kaldes SHERPA (Stent Hand-held Electronic Roving Piling Assistant, "Roving" betyder omvandrende), hvor man vha. en tablet-pc (håndholdt) via et trådløst netværk (WLAN) får adgang til en central database på byggepladsen. På denne måde har de udførende adgang til opdateret projektdata på det tidspunkt der er behov for det. Dette forbedrer kvalitets-kontrollen for processerne, minimerer antallet af fejl fra forkert eller manglende information og giver et præcist billede af arbejdets stade. Softwaren udfører de nødvendige beregninger, og tjekker, om indtastede data lever op til kravene i kvalitetssystemet.

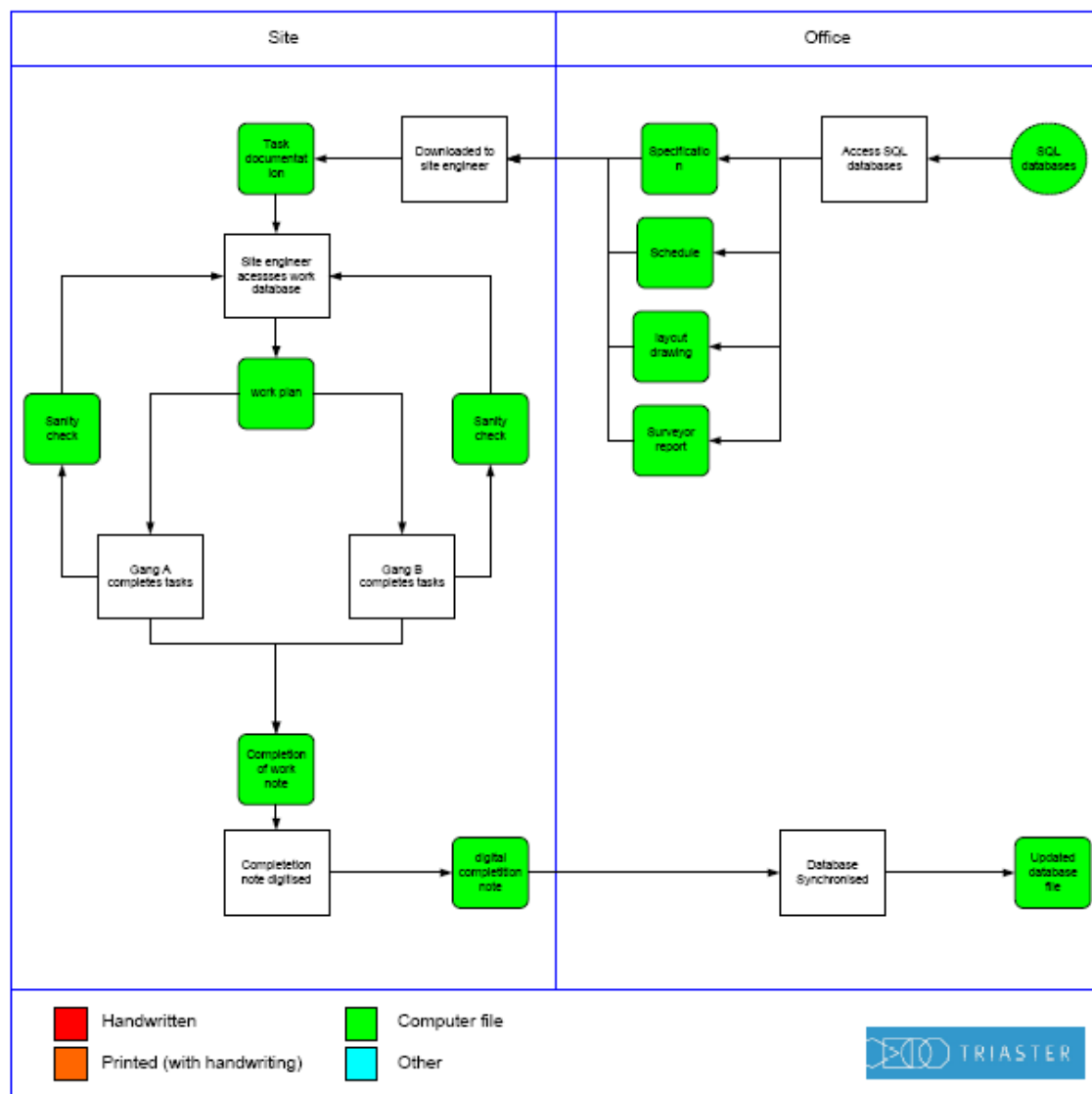
Al projektdata er lagret elektronisk centralt på byggepladsen, således at alle relevante brugere har adgang til relevant data via det trådløse WLAN-netværk. Den

løbende opdatering sikrer, at al information er nøjagtig – også for efterfølgende arbejder. Formanden skal nu blot tjekke indtastet data en enkelt gang i systemet.

Det viste sig praktisk at indrette særlige steder på pladsen hvor tablet-pc kunne ”stilles op”. Der blev på Kings Cross – byggepladsen lavet træpulte hvor man kunne anbringe tablet-pc’en. Det var altså ikke i praksis muligt at bruge tablet-pc’en overalt på pladsen.

Der er dog også processer der er uændrede. Det gælder eksempelvis opmærksomheden af pælenes placering på grunden. Det foregår med små mærkepæle, selvom man med SHERPA i princippet kunne bruge et digitalt kort til at angive placeringen.

I Figur 3 nedenfor ses et procesdiagram over de nye procedurer.



Figur 3: Procesdiagram, ny procedure (Kilde: COMIT).

Organisation

De primære brugere af den håndholdte del af systemet på pladsen er formændene. Systemet knytter deres arbejde direkte sammen med byggeledelsen og virksomhedens basisorganisation.

Systemet bruges også af de projekterende til at overføre materiale til pladsen og af ”betonteknikere” som lægger deres data ind i systemet efter kontrol.

Håndværkerne og bygningsarbejderne er ikke brugere af systemet.

Uddannelse

Uddannelsen foregik på pladsen under normalt arbejde. Deltagere var byggeledere og formænd og uddannelsen var af én dags varighed. Derudover blev der gjort en indsats for at gøre systemet så brugervenligt som muligt. Senere blev tilføjet et on-line demonstration modul, hjælp-funktioner og pop-up meddelelser til støtte for brugen af systemet.

Omkostninger

De totale omkostninger til den mobile computer-løsning var ca. 770.000 kr. Hovedudgifterne var knyttet til:

- Forskning og udvikling (ca. kr. 430.000)
- Hardware (ca. kr. 45.000)
- Support (ca. kr. 270.000)

Tid

Det nye system er tidsbesparende. Den manuelle informationsformidling og papirarbejdet er fjernet, og beregninger der tidligere blev udført i hånden er nu automatiserede. Brugere i byggeledelsen opfatter systemet som nemmere at betjene end de tidligere papirrutiner.

Den centrale database sikrer en hurtig videndeling mellem aktørerne på pladsen, og fremmer arbejdet med statiske analyser, hvilket også hjælper andre processer f.eks. fremtidig planlægning.

Kvalitet

Antallet af fejl er reduceret, da de udførende har adgang til mere nøjagtig information. Selve softwaren på de håndholdte tablet-pc'er sikrer de udførende en bedre forståelse af den aktuelle opgave og sikrer en mere konsekvent overholdelse af de beskrevne procedurer.

Adgangen til informationen for brugeren er nu meget hurtigere, lettere og informationen er nu mere udførlig. Omfanget af tilsyn er også reduceret, da systemet tjekker dele af den indtastede data, hvilket også reducerer usikkerhederne.

Teknologi

SHERPA-systemet giver brugeren adgang til databasen via teknisk set alle standard web-browsere, men på denne plads benyttes mest tablet-pc'er. Systemet leverer elektroniske tilsynsnotater og sender projektmateriale i PDF-format. Tablet-pc-erens kapacitet sikrer her mulighed for håndtering af store mængder data, herunder tegninger.

Cisco systems leverede den trådløse WLAN-løsning og leverede teknisk hjælp til installationen. Overførselshastigheder er op til 11 MB/s. Som følge af byggepladsers udformning er et trådløst netværk den eneste praktiske mulighed for at sikre adgang til den centrale byggepladsdatabase.

Stent er senere (slutningen af 2005) gået over til at benytte robuste PDA'er (Dolphin 7900) der enten er koblet op på et trådløst netværk, eller er opkoblet til en internet server via GPRS.

Systemet vandt "Best Wide Area Data Application Award" ved Mobile Data Associations årlige prisuddeling i november 2005.

Fordele

Færre fejl og færre afhjælpende foranstaltninger sparer væsentlige omkostninger, ligesom der har været bedre materialestyring på pladsen, f.eks. i forbindelse med bestilling af beton, da SHERPA-systemet selv beregner de betonmængder, der skal bestilles. På byggeriet ved Kings Cross kostede hver pæl, der skulle funderes, i gennemsnit 200.000 kr., hvilket viser, at fejl kan blive dyre. Man har anslået, at omkostningerne til afhjælpende foranstaltninger er reduceret med 75 %! Værktøjet har ført til, at fejl er opdaget tidligere, og at man dermed har, kunne udbedre dem bedre og billigere. Mindre afhjælpning af fejl har også ført til et mindre materialespild.

Systemet skaber sammenhæng i processen, og sikrer mod fejl som f.eks. ukorrekte rammedybder eller at man overser pæle i rammeplanerne.

Stent havde efter et års brug en database med megen information om processerne på byggepladsen. Dermed har man en basis for at forbedre processerne i forbindelse med f.eks. pæleramning og man har mulighed for at analysere, optimere og lære af processerne. Desuden har SHERPA reduceret administrationen af papirarbejdet væsentligt både på pladsen og på hovedkontoret.

Barrierer/ulemp

I forbindelse med det trådløse netværk (se også Ward et al 2004):

- Placeringen af byggepladskontoret (server) vigtigt
- Omgivelser kan virke forstyrrende for signalet:
 - o Maskineri kan lave magnetisk interferens
 - o Støv, skidt og mudder
 - o Andre arbejder (nedbrydning mm.)
 - o Vejr

- Konstruktioner på pladsen kan bruges til at forbedre sendeforhold (f.eks. kraner)
- Med back-up-batterier kunne man benytte tablet-pc'erne en hel arbejdsdag
- Nogle opgaver, her placering af pæle, løses fortsat bedre og mere sikkert uden anvendelse af systemet

Andre erfaringer

Det viser sig ikke overraskende at formændenes opbakning er afgørende for systemets brug.

Formænd og andre brugere kunne hurtigt lære at bruge systemet.

Den hurtige udvikling af hardware fik Stent til at benytte billigere udstyr, men til gengæld at udskifte det oftere.

7.2 Integrerede værktøjer

For integrerede værktøjer illustreres FACS fra ShareChieve LLC fra Californien, U.S.A, der er et integreret værktøj, der benyttes i hele byggeprocessen.

FACS, ShareChieve LLC, U.S.A

Kilde:	ShareChieve LLC's hjemmeside, 2005
Proces:	Integreret værktøj – hele byggeprocessen
Brugere:	Håndværkere, formænd og byggepladsledelsen
Hardware:	Northrop Grumman VersaTab
Software:	FACS, ShareChieve LLC
Område:	San Francisco, Californien
Webside	http://www.sharechive.com/
Omkostning:	-

Info

ShareChieve LLC i Californien er en software-udbyder, der tilbyder et integreret IKT-værktøj vendt mod byggepladsen, kaldet Field Automated Communication System (FACS). ShareChieve LCC tilbyder en samlet løsning, med software, hardware, netværk og support.

FACS er interessant i denne sammenhæng, da løsningen er en konkret IKT-løsning til byggepladsen. Værktøjet fokuserer meget på, at levere info om projekt og proces direkte til den udførende på pladsen, hvor andre af de integrerede værktøjer

fokuserer mere på projektstyring i form af tidsplaner og budgetter. Ressourcestyring er også integreret i værktøjet.

Værktøjet optimerer byggeprocessen på en tilsvarende måde som enkelte af de dedikerede værktøjer, idet meget af papirarbejdet forbundet med projekt og proces digitaliseres, men i modsætning til de dedikerede værktøjer, er dette værktøj udviklet overordnet til byggepladsen og ikke henvendt mod en bestemt proces.

IKT-værktøjet

ShareChieve LLC præsenterer FACS som et værktøj til indsamling af information og viden for personalet på en byggeplads. FACS giver projektpersonalet opdateret information vha kommunikation via mobile computere. Alle opdateringer sker øjeblikkeligt, og aktuel informationen er tilgængelig på det relevante sted og tidspunkt.

Shareware LCC indeholder bl.a. følgende funktioner:

- Søgefunktion, der kan søge i såvel tegninger som dokumenter
- Ressourcestyring:
 - o Status på arbejdsopgaver (f.eks. som PPU (procent planlagt udført))
 - o Ressourceforbrug kan registreres i systemet
 - o Status af tidsplan og budget
 - o Lokalisering af arbejdskraft og materiel
 - o Materialeforbrug
- Projekt:
 - o Adgang til tegninger direkte på pladsen
 - o Direkte fra byggepladsen kan "As-Built"-tegninger indtegnes
- Process:
 - o Systemet kan beregne afstande, vinkler mm. direkte fra tegningerne.
 - o Arbejdets stade og kritisk vej opdateres i systemet
- Kommunikation:
 - o Emails med attachments kan sendes direkte fra pladsen
 - o Kommunikationen lagres i systemet

Teknologi

Hardware:

- ShareChieve LLC benytter tablet-pc'ere fra Northrop Grumman VersaTab, der er meget robuste. Displayet er brugbart selv i stærk belysning og tablet-pc'en er testet for store påvirkninger, både fra skidt, vejr og fysiske påvirkninger. Der er også en intern harddisk, så data kan lagres både lokalt og på serveren.

Kommunikationsteknologi:

- FACS kan bruges på eksisterende netværk. Ellers kan Sharechieve etablere et lokalt netværk til den konkrete byggeplads.

Klienter

Bla.:

- California Department of Transportation
- Illinois Department of Transportation
- New York Department of Transportation
- Maryland State Highway Administration
- New York State Office of General Services
- East Bay Municipal Utility District
- Associate Professional Engineering and Construction
- Granite Construction
- Slattery Skanska

Fordele

Øjeblikkelig opdatering:

Nedbringer antallet af fejl som følge af ændret projekt

Adgang til information på det rette tid og sted:

Kun én kilde (digital)

Mindsker fejl som følge af kommunikation

Reduceret spildtid

Reduceret papirarbejde

Mobilitet på arbejdspladsen

Kommunikation kan foregå trådløst, online overalt på pladsen

7.3 Kombination af værktøjer

Herunder præsenteres som cases firmaerne Webcor Builders, U.S.A. samt Skanska USA Building Inc., hvorved det illustreres, hvorledes en række IKT-værktøjer tilsammen danner rammen for det daglige arbejde med at lede byggeprocessen. Det er altså i disse tilfælde en kombination af IKT-værktøjer, der skaber den samlede løsning. En del af disse værktøjer kan benyttes direkte på pladsen via f.eks. PDA.

Skanska USA Building Inc, U.S.A

Kilde:	Primaveras hjemmeside (2005), Skanska US hjemmeside (2006), Löfgren (2006)
Proces:	Alle
Brugere:	Projektleder, byggeledere
Hardware:	En kombination af konventionelle computere, håndholdte og komm.teknologi
Software:	En kombination af otte systemer
Case:	Byggeri ved Duke University, Durham, NC
Webisode	http://www.primavera.com/files/customers/Skanska_USBuilding.pdf
Omkostning:	-ikke oplyst

Entreprenørvirksomheden

Skanska USA Builders Inc. er en del af Skanska AB, er den tredjestørste entreprenør i USA, omsætter årligt for ca. \$4 mia., og har omkring 4.100 ansatte. Hovedkontoret ligger i Parsippany, New Jersey.

Baggrund

Skanska US har fra år 2000 gennemført ialt fire projekter for Duke University i North Carolina. Byggeri til i alt ca 250 millioner US\$. Det var dog især projektet med bygningen af lokaler til "Center for Interdisciplinary Engineering, Medicine and Applied Sciences"(CIEMAS), der blev en succes med hensyn til anvendelse af trådløs og håndholdt IKT. Det var et projekt med 30.000 kvadratmeter undervisningsfaciliteter, konferencelokaler m.m.. Projektets IKT-anvendelse fik en pris af Infoweeek i efteråret 2005 og Skanska besluttede efterfølgende at rulle erfaringer ud i hele verden (Löfgren 2006). Det blev besluttet at byggeriet skulle miljøcertificeres og det opnåede et sølv LEED certifikat (Leadership in –Energy and Environmental Design).

Tidligere arbejdsprocedurer

Skanskas byggeledelse på Duke-projekterne evaluerede deres arbejdsgange med henblik på at styrke kommunikationen og øge anvendelsen af IKT. Fortolkningen af den konkrete byggesag var, at den indebar en kompleks kommunikation både med mange bygherrerrepræsentanter og intern i byggeorganisationen.

I store byggesager som Duke-projektet CIEMAS, er der en fysisk overvældende mængde informationer (Löfgren 2006), byggelederne oplevede desuden at problemløsningen var langsom i forbindelse med fundne fejl var opretning og omarbejde omstændeligt.

Beslutningen om at opnå et LEED certifikat ville betyde et papirarbejde af et vist omfang.

Nye arbejdsprocedurer

Det blev besluttet at integrere de forskellige til rådighed værende IKT systemer med en website, der skulle sikre kommunikation af projektplaner, fotos, tegninger og andre kritiske data. Den nye website blev koblet op på Skanska "digital plan room", en internt udviklet platform, der skal sikre en opdateret set af planer mv. for

Til disse koordinerende websites tilgik og udgik forskellige typer for information; formularer for "forhold" fundet ude på pladsen, der skal "handles" på, tegninger og

tidsplaner, layout tegninger for pladsen (pladsindretning og logistik) m.m. Med supplerende programmering kunne tablet computere kobles op til disse websites så byggeledelsen kunne gå online på systemet og hente planer, tegninger mv. Man opnåede dermed et system der kunne synkronisere løbende med de sidste rettelser og tegninger.

Organisation og Uddannelse

De primære brugere af tablet PC-eren var tilsynsførende ude på pladsen, det med andre ord medlemmer af byggeledelsen der blev brugere af dette nye system. De øvrige medlemmer af byggeledelse og projekteringsteam var brugere af de øvrige system.

Byggeledelsen udarbejder med jævne mellemrum ny pladsindretning og logistikplanner (I Autocad). Til dette formål deltager en projekteringsingeniør i koordineringen af underleverandør tegninger og kontraktdokumenter, for at sikre at eventuelle problemer kan løses på pladsen (frem for på kontoret). Denne organisation fortsatte også efter implementeringen.

Den måske vigtigste organisatoriske ændring var derfor oprettelse af rollen som ”Champion”. Champion var medlem af byggeledelsen og skulle ”først” bruge systemet selv og dernæst virke for at de øvrige i byggeledelsen brugte systemet, Champion fik knyttet en software designer til sig og de to skulle sammen med projektlederen beslutte forbedringer i systemet. Der løbende lavet forbedringer (Löfgren 2006).

Champion-en var også ansvarlig for uddannelse af kolleger i byggeledelsen i forhold til systemerne.

Tid

Byggeledelsen evaluerede brugen af det samlede system. Oplevelsen var en klart forbedret personlig produktivitet. Byggeledelsen blev i stand til at svare på og håndtere flere spørgsmål end tidligere.

Kvalitet

Der blev opnået en forbedret kommunikation og synkronisering af informationer. Håndtering af fejl blev bedre og med større klarhed i kommunikationen. Hele forretningsgangen i forbindelse med fejl med at give svar, fordele nyt materiel, ændre i projekteringen og genudskrive tegninger blev forbedret



Picture 1-2. Tablet computer administration at Duke University, spring 2005 (©2005 Skanska AB)

IKT-værktøjer

I den betragtede case, har man benyttet en række forskellige værktøjer, der tilsammen giver en løsning til styring af projektet.

:

- Webservice etableret specifikt til sagen:
 - Kommunikation og information til de involverede, bl.a.:
 - Projekt-planer
 - Fotos – administreres med Acrobat Photoshop
 - Anden kritisk data
 - Online opdatering af tegninger og planer via Prolog fra Meridian Systems (Skanskas Plan Room system)
 - Specialudviklet software opdaterer alle tablet-computere
- Tablet-computere bruges til at få adgang til digitale planer, tegninger mm.
- Teamet bruger Microsoft Infopath fra Microsoft Corp. til at styre og godkende formularer fra byggepladsen
 - Webcam og digitale kameraer via bluetooth bruges til at vedhæfte fotos til formularerne
- Via trådløst netværk transmitteres data fra byggepladsens bærbare enheder til byggepladskontoret i real-time => live-opdatering af informationer
- Byggepladsindretning laves løbende med 2D og 3D tegninger i CAD og software fra Autodesk
 - Cad bruges også til at koordinere tegninger for underentreprenørerne på pladsen
- Til støtte for LEED-certificering (Leadership in Energy and Environmental Design), etableredes en skræddersyet webseite, hvor underentreprenører kunne uploade data..
- SureTrak fra Primavera benyttedes som det primære projektplanlægningsværktøj af projektledere og tilsynsførende, ligesom J D Edwards EnterpriseOne fra Oracle (et ERP system) også blev benyttet.

Fordele

Et fungerende integreret system bestående af mange komponenter, har mange fordele. Kommunikationen foregår hurtigere og med bedre kvalitet. Arbejdsgange bliver lettere. Skanska fik blandt andet prisen fra Infoweek på basis af den stærke integration.

Ulemper/ barrierer

I mange forsøg på integration viser der sig vanskeligheder i den tekniske overførsel af data. Dermed kommer man ind i en dårlig spiral med brugen af systemet.

Den givne byggesag synes at have været en usædvanlig gunstig kontekst for at gennemføre en implementering. Byggeledelse fungerede over lang tid og flere projekter.

Andre erfaringer

SkanskaUS havde i den konkrete sag rigtigt godt fat om den nødvendige forandringsledelsesindsats. Der blev sat ekstra ressourcer ind og udpeget en ”champion”, der fik til opgave at sikre implementeringen.

Webcor Builders, U.S.A



Kilde:	Webcor Builders hjemmeside
Proces:	Alle
Brugere:	Projektledere
Hardware:	Diverse
Software:	Diverse
Område:	San Mateo, Californien
Webside	http://www.webcor.com/
Omkostning:	Ikke oplyst

Entreprenørfirmaet

Webcor Builders er en amerikansk entreprenør, der beskæftiger 800 ansatte. Webcor præsenterer sig selv som et førende entreprenørfirma mht. integration af IT-redskaber, herunder trådløs kommunikation på byggepladsen.

IKT-værktøjer

Hos WEBCOR benytter man, ligesom i Skanska casen, flere IKT-værktøjer i forbindelse med udførelsen af arbejdet. Følgende værktøjer benyttes af Webcor Builders på de større byggepladser:

- Alle medarbejdere på pladsen har bærbare computere
- Alle projektledere, tilsynsførende og projekt rådgivere er udstyrede med PDA'ere for at styre tidsplaner, arbejdsplaner og kontakter – for at sikre, at disse er på pladsen mest muligt tid.
- Til budget og udgiftsovervågning benyttes ”Prolog Manager” fra Meridian Project Systems – designet til byggebranchen.

- Timberline Gold Accounting og Timberline Estimating sikrer bygherren online oversigt over udgifterne på projektet.
- Primavera SureTrak, Microsoft Office, and Microsoft Project benyttes til deling af dokumenter, regneark og planer – de forskellige programmer benyttes afhængig af aktørenes værktøjer.
- Microsoft Outlook benyttes som email-kontakt mellem parterne i projektet.
- Alle byggepladserne er i netværk med hovedorganisationens systemer.

8. Diskussion

Den samlede oversigt over IKT-initiativerne kan ses i Bilag. Skemaet er opdelt geografisk, og det ses, at der er en lang række initiativer præsenteret fra Storbritannien, en række fra U.S.A., tre fra Frankrig, ét fra Belgien, Canada og Finland, mens to IKT-værktøjer fungerer i store dele af verden ("worldwide").

For den enkelte softwarepakke ses øverst eventuelle kommentarer, og hvem der hovedsageligt er brugere på byggepladsen. I Bilaget kan man se hvilke arbejdsopgaver der knytter sig til værktøjet både i basisorganisationen og på byggepladsen. For arbejdsopgaverne på byggepladsen er der så vidt muligt indtastet, hvem der betjener systemet. Der skelnes her mellem byggepladsledelsen, formænd, håndværkere eller alle de tre grupper.

UK:

De britiske initiativer er alle dedikerede initiativer, vendt mod bestemte opgaver i byggeprocessen (og med COMIT som kilde). Der findes adskillige cases fra COMIT med IKT-værktøjer, som vi ikke har inddraget, da vi specifikt har udvalgt IKT-værktøjer, der henvender sig mod udførselsfasen. Således er der værktøjer, der knytter sig til andre dele af en bygnings levetid, dvs værktøjer til Facilities Management (FM).

Tre af værktøjerne bruges til ressourcestyring i form af økonomi og timeregistrering, og to af disse værktøjer har yderligere integreret henholdsvis en positionsregistrering og arbejdsmanualer. Brugerne er forskellige for de tre værktøjer, da ét henvender sig mod formænd, ét mod pladsledelsen og basisorganisationen, mens det sidste henvender sig til vedligeholdelsesteknikere.

To værktøjer henvender sig specielt mod sikkerhed på pladsen, og anvendes hovedsageligt af byggeledere og formænd.

Hovedparten af de britiske IKT-værktøjer, vi har inddraget, understøtter også kvalitetssikringsarbejde. Fire af de seks inddragede initiativer bidrager til kvalitetssikring (KS) indenfor både byggeprocessen og produktet; såvel under udførslen som slutkvalitet. De sidste to initiativer henvender sig begge mod KS i byggeprocessen, og det ene værktøj inddrager desuden slutkvaliteten, mens det andet har integreret modtagekontrol. KS-værktøjerne betjenes hovedsageligt af byggepladsledelsen og har også indflydelse på kvalitetsarbejdet i basisorganisationen.

USA:

De amerikanske initiativer inddraget i denne undersøgelse er et mix af dedikerede og integrerede værktøjer (igen henvises til Bilag, for en samlet oversigt).

To af værktøjerne bruges til ressourcestyring i form af økonomi og timeregistrering og har begge integreret en positionsregistrering. Det ene initiativ (fra Magnum Drywall) understøtter ligeledes procesmanualer, og på denne måde er videndeling integreret, mens det andet værktøj også benyttes i forbindelse med

sikkerhedsgennemgang. Værktøjerne betjenes i begge tilfælde hovedsageligt af formænd.

Ét værktøj, Fieldforce og Mobile contractor, er en mellemting mellem det funktionsspecifikke og integrerede system indeholder en ret bred støtte til byggelederen, der tager sig af flere byggepladser (i øvrigt i lighed med det franske Dynalog system). En særlig feature er her i øvrigt samspillet med den godkendende offentlige myndighed.

Ét enkelt IKT-værktøj skiller sig helt ud, ved at være et værktøj til direkte kommunikation mellem projektets parter i form af en integreret walkie- og mobiltelefonløsning, hvor aktørerne kan afholde konferencesamtaler.

De fire resterende amerikanske initiativer er alle integrerede IKT-værktøjer. Det er altså værktøjer til integreret fil-delning på tværs af projektet, og kan på denne måde benyttes til at understøtte mange af arbejdsopgaverne – og må i særdeleshed sige at understøtte vidensdelingen. Det første initiativ er et integreret informationsindsamling og –formidlingssystem, mens de tre andre integrerede værktøjer er deciderede projektstyringsværktøjer. Det ene af disse henvender sig specielt mod underentreprenører (UE), mens et andet også kan benyttes i basisorganisationen i forbindelse med kalkulation/tilbudsgivning. Et integreret fildelingssystem giver adskillige anvendelsesmuligheder, og kan som sagt understøtte næsten alle arbejdsopgaver på byggepladsen – om ikke andet så i forhold til arkivering. Derfor er kategoriseringen i bilaget ikke fuldstændig, og flere af arbejdsopgaverne er registreret i parentes, da værktøjet har potentialet til at understøtte disse processer, men vi ikke har et konkret eksempel på dette. Det ses, at værktøjerne hovedsageligt betjenes af byggeledelsen, og at værktøjerne i udpræget grad også påvirker arbejdsprocesserne i basisorganisationen.

Frankrig:

Fra Frankrig har vi inddraget materiale om tre IKT-værktøjer i bilaget (Bilag). Det første værktøj, Dynalog, benyttes hovedsageligt af hovedentreprenører, byggeledelsen og UE'ere, og bruges til timeregistrering, materialestyring, registrering af fremdrift (stade/processtyring) og opmåling, mens det i basisorganisationen påvirker arbejdsprocesser i forbindelse med indkøb, kalkulation og ressourcestyring (økonomi og timer). Systemets mobile del er en udbygning af et oprindeligt PC-baseret system for byggeledelsen og entreprenørens hovedkontor. Det næste er et decideret projektstyringsværktøj, Activ TP, der benyttes i forbindelse med arbejdsordrer, materialestyring samt registrering af fremdrift (stade/processtyring). Det tredje system, TI@MPChantier, benyttes hovedsagelig af byggeledere, men har ellers næsten den samme "halvbrede" funktionalitet som det første franske, Dynalog.

Belgien:

Det belgiske system, Millenium, bruges til timeregistrering, materialestyring, registrering af fremdrift (stade/processtyring) og opmåling, mens det i basisorganisationen støtter indkøb, kalkulation og ressourcestyring (økonomi og timer). Hertil kommer en kobling til Autocad mhp. tegninger.

Finland/Skandinavien:

Fra Finland har vi inddraget et værktøj benyttet af Skanska (BookIT, DDM Application) til opgaver i forbindelse med sikkerhed på pladsen. Værktøjet benyttes hovedsageligt af byggeledelsen/sikkerhedsrepræsentanter, har indbygget fotoregistrering og påvirker i basisorganisationens specielt sikkerhedsafdelingens arbejde.

Vores søgning efter IKT-værktøjer på byggepladser i Skandinavien i første runde (2004-2005) viste sig at give særdeles sparsomme resultater. Det gjaldt uanset om vi søgte materiale gennem de udførende, brancheorganisationer eller forskningsmiljøer. Anden runde i 2006 gav dog lidt mere. Tilsyneladende har man længe været meget tilbageholdende i forhold til at implementere løsninger med IKT-værktøjer på byggepladserne.

Canada:

Fra Canada har vi undersøgt et projektstyringsværktøj, der kan benyttes på pladser via håndholdte enheder, og kilden er her også COMIT. Værktøjet understøtter arbejdsopgaver i forbindelse med byggeprocessen i form af manualer og stade, og kan umiddelbart også benyttes i forbindelse med KS både for proces, produkt og ved modtagekontrol og i forbindelse med sikkerhedsaudits. Værktøjet påvirker også mange arbejdsopgaver i basisorganisationen både på sikkerhedsområdet, i forbindelse med KS, projektmateriale og ressourcestyring.

World-wide:

En række store multinationale SW-leverandører som SAGE, SAP mfl. kan i princippet levere alle typer af IT-støtte, også til byggevirksomheder. Her er medtaget Primavera og Oracle som eksempler på sådanne brede spektrerede softwaresystemer.

Generelt/på tværs:

Det ses af oversigten, at de præsenterede dedikerede værktøjer er vidt forskellige i deres udformning. Det er forventet, da de ofte er udviklet specifikt til det aktuelle formål og firma. Det ses generelt indenfor denne lille undersøgelses rammer, at nogle af de dedikerede værktøjer kun henvender sig mod én arbejdsopgave i vores fremstilling, mens andre af de dedikerede værktøjer støtter flere arbejdsopgaver i vores fremstilling, hovedsageligt indenfor det samme arbejdsområde/-proces, f.eks. kvalitetssikring.

Et værktøj som ShareChieve ligger i en gråzone mellem de dedikerede og integrerede værktøjer, da det er udviklet overordnet til byggepladsstyring uden at være henvendt til en bestemt proces. Det er således et værktøj byggepladsledelsen kan benytte på de fleste af entrepriserne på pladsen. Et dedikeret værktøj som f.eks. præsenteres i Stent-casen er udviklet specifikt mod fundering, men har alligevel mange lighedspunkter med ShareChieve. Det ses altså, at der er værktøjer, der har karakteristika som både integrerede og dedikerede værktøjer, hvilket viser, at vores opdeling ikke er uden gråzoner, hvor systemer som Dynalog, Millenium, og Fieldforce befinder sig.

Eksemplerne i denne undersøgelse antyder, at man er længere fremme i den amerikanske byggesektor, end i den europæiske. Webcor-casen er et eksempel på en entreprenør, der er yderst bevidst om sin IKT-strategi, og har samlet en stor software-pakke, der samlet giver et veldefineret styringsværktøj. At man helt fremme på sin hjemmeside beskriver dette, illustrerer bevidstheden. Hos danske entreprenører, er man måske nok bevidste om sine IKT-behov og systemer, men det er ikke så synligt som her.

De dedikerede værktøjer er i sig selv meget specialiserede – deraf definitionen, og derfor giver det ofte ikke den store mening at sammenligne værktøjerne specifikt – f.eks. GPS-måling og tegningsdeling. En sammenligning må derfor ske på et mere overordnet plan. Man kan generelt sige, at casene illustrerer en række IKT-værktøjer, der ofte er succesfulde – dog uden at være fejlfrie. Undersøgelsen viser altså, at der kan være gevinster at hente ved at integrere IKT-systemer – også de mere specifikke. Men der ligger ofte en større investering bag indførelsen af disse værktøjer, hvilket gør, at kvantiteten af den specifikke opgave skal være betydelig. Det vil altså formentlig sige meget omkostningstunge aktiviteter på store sager eller, måske specielt hos mindre entreprenører, opgaver der har en stor gentagelseeffekt og/eller involverer store mængder information, kommunikation og/eller papirarbejde.

Den danske undersøgelse af snublestene i byggeprocesser (Apelgren et al. 2005) viser, at der er et stort potentiale i at løse koordinations- og kommunikationsproblemerne direkte på pladsen. Nærværende undersøgelse viser, at der i IKT-værktøjerne er et potentiale til at forbedre dele af processerne på pladsen, bl.a. gennem at organiseringen ændres.

Samspil mellem byggeplads og basisorganisation

Det ses af Bilag, at IKT-værktøjerne alle influerer på arbejdsprocesser både på byggepladsen og i basisorganisationen. COMITs før-og-efter arbejdsprocesdiagrammer viser med tydelighed, at organiseringen ofte ændres, når IKT-værktøjer indføres.

Den ændrede organisering ses f.eks. i, at en stor del af arbejdet nu er at opbygge databaserne og gøre systemerne funktionelle, men derefter forenkles arbejdsprocesserne i selve udførselsfasen. Når selve etableringsarbejdet er overstået, er der kun mindre opgaver med at vedligeholde og opdatere databaser, og hvis det er henvendt mod arbejdsopgaver der ofte gentages, er der altså betydelige fordele at hente. Derudover er der mulighed for at indbygge automatiske tjek i systemerne, således at man undgår en stor del af de fejl, der forekommer som indtastningsfejl, fejl i kommunikation, forglemmelser, misforståelse mm.

De håndholdte IKT-værktøjer medfører altså en ændret arbejdsdeling og organisering. Hermed flyttes ansvarsfordelingen også rundt i hierarkiet. Dette leder op til en række spørgsmål i forhold til ændrede arbejdsprocedurer og hvem der udfører det, f.eks. i forhold til Etjek-systemet, hvor en del af ansvaret for KS'en nu ligger hos håndværkeren. Det er derfor relevant at betragte, hvem der brugerne af IKT-værktøjerne er, og Bilag viser, at langt de fleste af værktøjerne i nærværende internationale undersøgelse betjenes af byggeledelsen. Der er to af de amerikanske initiativer, hvor formændene registrerer timeforbrug, mens det for de engelske initiativer kun er et par tilfælde, hvor værktøjerne benyttes af andre end byggeledelsen, så værktøjerne er i udpræget grad henvendt mod byggeledelsen. Men i forhold til E-tjek værktøjet er det i høj grad ledelsen og ikke de udførende, der benytter værktøjerne. Vi ser altså ikke, at man i de undersøgte cases ændrer ansvarsfordelingen i samme grad, som det vil være tilfældet, med et system som Etjek, der betjenes af håndværkerne. I takt med, at man ændrer arbejdsprocedurerne, har man også ændret ansvarsfordelingen, men det er altså oftest byggeledelsen, der fortsat hovedsageligt bibeholder ansvaret. Dette leder videre til, at der i forlængelse af diskussionen om ansvarsfordelingen og organisering også naturligt ligger en diskussion af økonomi og lønsystemer, da ændrede arbejdsopgaver og ansvar må føre til ændrede honoreringer. I forhold til økonomi/lønssystem, er der ofte i Danmark budgetteret med at byggeledelsen skal udføre KS – mens håndværkernes akkorder indeholder ikke dette. Når man pålægger håndværkerne opgaver der ligger uden for akkordsystemet, må man ændre organisation og økonomisk struktur. Der er altså en (skjult?) ramme for, hvor tingene kan lægges ind, hvis man ikke skal ændre organisationen.

Barrierer i denne undersøgelse

Undersøgelsen viser, at der er mange fordele forbundet med implementeringen af IKT-værktøjerne, men at der også er en række barrierer og overvejelser, der gør sig gældende. En række af disse barrierer, overvejelser og fordele er listet i Figur 4 nedenfor:

Områder	Barrierer og overvejelser	Fordele
---------	---------------------------	---------

Teknologi	▪ Store valg	▪ Nedbringer fejl og mangler
	▪ Mangel på information	▪ Hurtigere synkronisering
	▪ Tidspres	▪ Mindre arbejde ved fejlopretning
	▪ Omkostninger	
	▪ Standarder	
	▪ Specialløsninger eller standard	
	▪ Mangel på stabilitet	
	▪ Kriterier for indførelsen og succes	
Organisation	▪ Underentreprenørkarakteristika	▪ Bedre kontrol
	▪ Definition af værktøj: Opgaver, mål brugere mm.	▪ Bedre kommunikation
Ledelse	▪ Konservatisme	▪ Problemløsning
	▪ Tidspres	
	▪ Modstand	
	▪ Hierarkisk organisation	
Brugere	▪ Konservatisme	▪ Uddelegering af ansvar
	▪ Modstand	▪ Computerfærdigheder
	▪ Manglende tid til indlæring	▪ Forenkling af arbejdsgange
	▪	▪ Færre arbejdsprocesser
	▪	▪ Øgede kompetencer

Figur 4: Barrierer, overvejelser og fordele forbundet med implementering af IKT-værktøjer.

Det kan konstateres at teknologien ikke bare fungerer (Ward et al 2004, Wood & Alvarez 2005), de håndholdte enheder kan mere end tidligere, men tablet pc 'erne m.m. har fortsat kun 1/3-del af kapaciteten af en PC. Det kræver altså, at man i designet tager højde for, at der er begrænset kapacitet i det yderste led (Adesso 2005) Desuden er der et problem i, at software udviklerne bygger på deres eksisterende grundlag. Derimod synes flere cases at underbygge at de ansatte kompetencer hurtigt kan løftes til brug af systemerne.

Et problem for de dedikerede, funktionsspecifikke værktøjer kan være, at de er afhængige af standarder for dataudveksling. En "Best of Breed" strategi ,hvor de bedste systemer på enkeltområder kombineres kræver en fælles platform, således som der aktuelt arbejdes på den i det digitale byggeri og i IAI regi med IFC. For lang tids usikkerhed kan give større grobund for alternativet til Best of breed, "Single Source": hvor man vælger en leverandør med et samlet værktøj, der insisterer på at kunne det hele...(som Primavera).

Barrierer diskuteret i tidligere undersøgelser

Haas *et al.* (2002) konkluderer ud fra seks cases, at teknologien giver begrænsninger under nogle forhold. For de håndholdte terminaler kan problemerne være skærmens størrelse og kvalitet samt terminalens kapacitet og muligheder for inputs. Haas *et al.* (2002) finder, at barriererne for håndholdte terminaler skyldes to faktorer. 1) Den

håndholdte teknologiske begrænsninger og 2) byggeindustriens karakteristika. Disse karakteristika drejer sig om de fysiske betingelser på arbejdspladsen, som temperaturer, fugtighed og støv, og organisatoriske forhold i byggesektoren som f.eks. branchens fragmentering og ofte lave risikovillighed.

Der er sket en voldsom udvikling på det teknologiske område siden Haas *et al.* (2002). Men det er fortsat nogle af de samme problemer man knokler med. I casene ses det også, at man – på trods af at man kalder casene succesfulde – fortsat arbejder på at forbedre disse områder. I MACE-eksemplet arbejdede man på, at finde en bedre indtastningsmetode end den oprindelige skrive-pen til PDA'en. Meget taler også for, at displayet stadig er et problem, og at det f.eks. derfor kun er relativt udetaljerede tegninger, man kan benytte fra en PDA.

Haas *et al.* (2002) peger derudover på en række fordele i forhold til at forbedre byggeprocesserne. Den største fordel er ifølge Haas *et al.* (2002) tilgængeligheden til opdateret relevant information direkte på udførselsstedet, ligesom muligheden for at rapportere online tilbage fra udførselsstedet til de relevante beslutningstagere. Derudover peges på, at det er mere korrekte og præcise informationer der udveksles, hvilket er måske er det punkt, der giver størst værdi for byggeriet. Dermed peger Haas *et al.* (2002) på, at det vigtigt når værktøjerne udvikles, at man gør sig klart hvilken type informationer systemet skal viderebringe, og hvilken type transmission der er nødvendig for dette.

De undersøgte cases bakker i høj grad om konklusionerne fra Haas *et al.* (2002). Specielt de dedikerede cases viser med tydelighed, at den akkurate, opdaterede og relevante informationsdeling direkte til og fra udførselsstedet er en af de største fordele ved IKT-værktøjerne.

Roadcon (2003), der er et projekt under IST-programmet under Europa Kommissionen, hvor målet var at udvikle en vision for agile, modelbaseret og viden-drevet byggeri og at lave en handlingsplan for at nå disse mål, peger i 2003 på, at byggeriet ikke benytter IKT-værktøjer i samme omfang som andre industrier. De regionale karakteristika for byggesektoren, de kulturelle aspekter og den begrænsede vertikale og horisontale integration kommer i vejen for udviklingen af ICT-værktøjerne. (Roadcon 2003) Roadcon (2003) udpeger barrierer for IKT i byggeriet, der udspringer fra byggeriets karakter og de teknologiske problemer:

- 1) Organisationelle barrierer:
 - a) Mangel på langsigtede partnerskaber i byggeriet, hindrer at de rette IKT-strategier iværksættes og at tilstrækkelige IKT-infrastruktur etableres
 - b) Mangel på en stor aktør, der kan presse generelle standarder igennem
- 2) Barrierer ved kultur og uddannelse:
 - a) Brugere har ikke stor omstillingsvillighed og indsigt i IKT's potentiale

- b) Mangler IKT-strategi i de fleste byggeorganisationer (specielt SME'er).
Dermed er træningen mangelfuld.
- c) Manglende tiltro til løsninger
- d) Manglende dialog (kommunikation) mellem udviklere og brugere
- e) Konservativ praksis bygger ofte på direkte kontakt og reducerer dermed potentialet i IKT-løsninger
- 3) Barrierer i forhold til eksisterende IKT-udbud:
 - a) Manglende robusthed, fleksibilitet og skalerbarhed
 - b) Manglende indbyrdes kompatibilitet mellem ICT-løsninger
 - c) Tid til læring
 - d) Manglende løsninger der er henvendt direkte til byggesektoren og dens karakter – projektorienterede mobile-løsninger
 - e) Inddragelse af såvel design som udførselsfasen medfører komplekse løsninger – kan kræve inddragelse af flere udviklingsfirmaer
 - f) Vedblivende problemer med fortrolighed og sikkerhed
 - g) ICT-løsninger kan være dyre, og investeringen kan være lang tid om at tjenes hjem
- 4) Lovgivning:
 - a) Mangler overordnede regulativer – også for at stimulere udvikling

Derudover peger Roadcon på, at effektiviteten nedsættes, som følge af, at der skal flere indtastninger af data til i systemet, men dette strider imod flere af casene, hvor det viser sig, at antallet af processer (indtastninger) netop er blevet reduceret i forhold til gamle arbejdsgange.

Björk (2003) diskuterer barrierer for introduktion af IKT med Electronic Document Management (EDM) som eksempel (det følgende afsnit er taget fra Björk 2003). Björk påpeger at barriererne for den hurtige introduktion af EDM i byggeriet kan opdeles i tekniske, adfærdsagtige, omkostningsrelaterede, organisatoriske og retslige. I case studier af tidlig pilotbrug i byggeprojekter fra midten af 1990'erne var de tekniske barrierer ofte iøjnefaldende (Höög 1996, Ahlström, 1996). Eftersom byggeprojekter har stræbt efter at producere masser af CAD tegninger med kæmpe fil-størrelser, har up- og downloading af disse filer over langsomme modem eller selv ISDN-forbindelser været meget problematiske. Før Internettet og standard forbindelserne til det blev almindelig, kunne opsætning af forbindelserne også være ret omstændelige. Grunde som disse tilskyndede faktisk en tidlig indfører, den svenske entreprenør JM-Bygg, til at indgå i partnering aftaler med underentreprenører, som indvilgede i lave en "investering" i tid og kræfter i at lære brugen af det EDM-system, som JM havde taget i brug (Löwnertz et al 1995). Overtidsadfærdsbarrierer, det faktum, at det er meget vanskeligt at få folk til at ændre deres arbejdsrutiner på, har opnået tiltagende opmærksomhed. Ifølge Björk (2003) lagde allerede Wedell (1996) mærke til spændingen mellem "bruger frihed" og

firmakontrol i sit studie af, hvordan et stort arkitektfirma skulle implementere EDM. Det effektive genbrug og søgning efter information i et EDM system kræver en masse disciplin af producenterne af dokumenterne, f.eks. ved udfyldning af meta-data i skemaer (Ekman 1999). Jo mere standardiseret meta-data og arkivering er, jo nemmere er det for brugerne nedefter. På den anden side har folk altid været vant til selv at kunne organisere deres personlige arkiver, inklusive deres egne harddisks, som det passer dem, og nu er de tvunget ind i en struktur, hvilket mange oplever som en spændetrøje. Ejbe (1996) understreger, at motivationen og oplæringen af brugere er vigtig for en succesfuld implementering. O'Brien (2000) har understreget det faktum, at brugerne af et system i et projekt kan ikke behandles som en uniformeret gruppe, men de består mere af flere grupper med forskellige holdninger og kundskaber. Problemet med et EDM system er, at succesfuld brug kræver, at alle disse grupper indfører systemet på samme tid.

Haas et al (2002) har en tilsvarende diskussion af barrierer. Byggeindustriens karakteristika danner barrierer for effektiv implementering af Bærbare Teknologier (ligesom ny teknologi i almindelighed) argumenterer Haas et al og peger på følgende forhold (oversat fra Haas et al 2002):

- Byggeriets projekt-specifikke natur. Normalt bliver en ny teknologi i byggeriet kun udviklet til et specifikt projekt, og der gøres kun en lille indsats for at tilpasse den til andre projekter. Det betyder, at udgifterne til teknologi må holdes nede på et minimum for at sikre et lavt tilbud. For Charles Wood i USA-firmaet Fiatch, et forsknings- og udviklingskonsortium gearret til at fremme ny teknologi i byggeriet, og oprettet af den statslige styrelse National Institute of Standards and industry body the Construction Industry, *er der to underliggende hovedfaktorer som "konspirerer imod" indførelse af nye teknologier i byggesektoren: Det er en meget opsplittet industri, der består af hundredvis af mindre aktører, og den stræber mod at være projektbaseret. Industriens opsplittede natur har gjort det vanskeligt at skabe teknologi-standarder. Den har også gjort det til et svært marked at trænge ind i for sælgere, og der kræves ofte hundredvis af salg, før markedet kan domineres. "Der er ingen stor monster leder (i byggeriet), som kan diktere standarder til forsyningskæden. Vi har ikke magtet teknologien, fordi vi ikke kan standardisere den på samme måde som General Motors, Boeing og Wal-mart kan."* Det betyder, at byggefirmaer sædvanligvis venter på, at teknologistandarder skal udvikles i andre industrier, hvorefter de kopieres. Men der findes ikke nogen aftalt måde, hvorpå dette gøres, så teknologistandarder kopieres uvægerligt fra forskellige industrier og ender som et mismask. "Når der er adskillige standarder inden for en bestemt teknologi, er det sandsynligt, at ét byggefirma vil indføre en standard, der er udviklet i olie- og gasindustrien, f.eks. fordi en del af deres klienter tilfældigvis er i den branche, et andet vil indføre standarden fra den farmaceutiske industri, fordi deres klienter tilfældigvis er farmaceutiske firmaer," citeret i Mobile Enterprise Analysis, her efter Haas.

- Det konkurrerende tilbudssystem. Dette system favoriserer sædvanligvis de laveste omkostninger frem for kvalitet eller evne. Derfor vil et byggefirma forsøge at minimere omkostningerne i et forsøg på at afgive laveste tilbud, og dette fremmer ikke investering i dyrt usædvanligt udstyr.
- Opdeling og lav risikotolerance. De fleste byggeprojekter samler en myriade af underentreprenører med meget lidt tilskyndelse til risikodeling. Underentreprenører holdes ansvarlige for deres handlinger, og dette synes at være årsag til lav tolerance for risiko i sektoren. Følgelig bliver investering i ny teknologi nedprioriteret.
- Tidspres. I de fleste projekter er entreprenører og arkitekter sædvanligvis under pres for at overholde tidsplanen. Disse tidsrestriktioner, både før og efter en kontrakt er opnået, begrænser et byggefirkas eller arkitektfirmas fleksibilitet til at overveje metoder og teknologier. I bedste fald dæmpes incitamentet til at overveje nye teknologier.
- Byggelove. Byggelove hæmmer teknologioverførsel og ny teknologiudvikling, når den påtænkte teknologi ikke går i spænd med den eksisterende lov. Hvis lovstyrelsen er uinteresset i vedvarende opdatering af lovene og i at søge professionelle konsulenter fra byggeindustrien, bliver barriererne praktisk taget umulige at overstige.
- Konservatisme. Delvis motiveret af ovenstående omstændigheder, bliver et byggefirkas holdning konservativ. Almindelige entreprenør- og arkitektfirmaer er utilbøjelige til at påtage sig byrden af at bevise, at nye metoder eller teknologi imødegår byggelovene, eller at disse burde ændres.
- Kontraktaftaler. Bygherrer anser arkitekterne som ansvarlige for at angive midler og metodeteknologier. Imidlertid angiver arkitekter almindeligvis ikke disse teknologier, fordi de anser det for entreprenørens ansvar. Derfor øver arkitekter pres for at tvinge entreprenører til at anvende avanceret teknologi for at imødegå stramme tidsplaner eller specifikationer.
- Mangel på information. Manglen på en central kilde til information om ny teknologi og dens omkostninger og fordele er også en barriere for teknologindførelse.
- Menneskelig modstand mod forandring. Dette har været forklaret som frygt for det ukendte, for at miste et værdifuldt aktiv, og for at være ude af stand til at tilpasse sig nye teknologikrav. Denne modstand er også forklaret ved en dårlig forståelse for fordelene ved forandring, en dårlig implementeringsstrategi og dårlige arbejder-ledelses forhold.
- Hierarkisk organisationsstruktur. Eftersom meget af arbejdet i et projekt er delt mellem adskillige underentreprenører, som ofte ikke har samme autoritet eller incitament, bliver innovativ tænkning dæmpet, mens information stiger

op gennem et organisatorisk hierarki. Dette er en af de største barrierer for ny teknologiindførelse i mange industrier.

- Mangel på IT standard. Foruden manglen på håndterede IT software værktøjer til byggeriets anvendelse, mangler byggeindustrien ordentlige IT standarder. Dette forhindrer måske disse teknologier i at blive succesfuldt implementerede og er måske en af årsagerne til, at producenterne af disse teknologier har veget tilbage for byggeindustrien.

Haas *et al.* (2002) konkluderer, at den sparede tid på de enkelte arbejdsopgaver ikke direkte giver en besparelse i det samlede projekt. Dette peger også på, at de største fordele opnås, hvis den håndholdte teknologi implementeres på flere aktiviteter og projekter.

9. Konklusion

Denne rapport giver ikke det endelige billede af aktiviteterne med IKT med et mobilt element i de involverede lande, men det giver trods alt et indblik i nogle af de aktiviteter der foregår i landene omkring os. Rapporten giver os samtidig et indblik i, hvor omfattende området reelt er, idet der findes ganske mange IKT-værktøjer indenfor byggeriet.

Rapporten har belyst, hvilke arbejdsopgaver på pladsen og i samspillet med basisorganisationen, der kan understøttes med systemer med et håndholdt element. Undersøgelsen har sandsynliggjort at der er ganske mange mulige områder der kan støttes med håndholdt teknologi. Et punkt der underbygges af systemerne i rapporten, der var i drift på undersøgelsestidspunktet. Vi har fundet en stor spredning på opgaver i systemerne. Muligheden for anvendelsen skal dog formentlig undersøges nærmere for at kunne afgøre hvilke opgaver der er mest egnede og for at finde de nødvendige områder for tilpasninger.

De internationalt fundne systemer henvender sig i høj grad til byggeledelsen. (Dermed adskiller E-tjek-systemet, beskrevet i den første rapport fra dette projekt (Vogelius 2005) sig fra de internationale erfaringer).

Det er kommunikationsteknologien, der skaber tekniske problemer. En sømløs overførsel af data er meget vigtigt især i starten af en implementering, hvor gode oplevelser bliver de første succesoplevelser.

IKT-systemerne udvikler sig meget hurtigt. Man skal altså være forberedt på en kort levetid, at skulle portere sine datastrukturer og til videre investeringer i nye systemer. Der kan sammenlignes med den udskiftningstakt som PC og standardmobiltelefoner har gennemløbet.

Der er, i tråd med Haas 2002-s diskussion mange spørgsmål der endnu ikke er besvaret:

- Reengineering af byggeprocesser, der er et potentiale i at omorganisere, men de udenlandske erfaringer fortæller os ikke meget om mulighederne
- Mulighederne i empowerment af bygningsarbejdere er uudforsket
- Mulighederne i øget vertical integration og dermed besparelser på byggeledelse
- Best practices for forandringsprocessen. Det er kun punktvist belyst hvad der skal til for at gennemføre en vellykket forandring

En opstilling af barrierer som gjort i diskussionen kan nemt føre til en afmagtsoplevelse. Det er imidlertid vigtigt at lære af andres forsøg på at overvinde disse barrierer. SkanskaUS arbejde med en forandringsagent på byggepladsen og COMITs og Olofsson & Emborg 2004 opstillinger af en business case for en mobilteknologiinvestering kan være vigtige redskaber hertil.

10. anbefalinger

I det følgende opstilles nogle forslag til hvordan byggebranchen kan komme videre med at udvikle og anvende informationssystemer med et håndholdt og mobilt element.

1. Behov for integrerede forandringsforsøg

Både de internationale erfaringer og forsøget evalueret i første rapport, viser at der er behov for at integrere forsøg med denne teknologi bedre i ledelsen af virksomheden og bedre på tværs af enkeltprojekter. I det enkelte projekt, hvor man skal indføre håndholdte systemer vil en forandringsagent, der er ansvarlig for at få gang i processen være nødvendig.

I sådanne integrerede forandringsforsøg vil der også være behov for at tackle løn- og overenskomstvilkår, ændrede arbejdsopgaver og arbejdsforholdsspørgsmål

2. Behov for udvikling af tilpassede systemer

Både hardware, software og kommunikationsteknologier giver problemer i anvendelsen af mobilteknologi. Der er først og fremmest behov for mere robuste systemer, der kan overvinde det rå miljø en byggeplads er. Men dernæst kommer forbedrede brugergrænseflader og egentlig tilpasning til arbejdsprocedurer. Her er brug for udviklingsprocesser, der tager udgangspunkt i en opbygning af viden om hvordan arbejdsopgaver udføres (brugeretnografi). Her kunne nævnes en lang række mulige områder. Blot nogle eksempler

2.1 Potentialer indenfor arbejdsmiljøstyring. Mønsterarbejdspladsrundringer med videre er et velafgrænset område med velbeskrevne rutiner som derfor formentlig er velegnet til at udvikle dedikerede systemer til. Det kan bidrage til en bedre kommunikation og integration mellem håndværkere, byggeledelse og arbejdsmiljømedarbejdere i hovedkontoret.

2.2 Potentialer indenfor drift og vedligehold. Flere studier og caseeksempler peger på dette område (Rosser & Russell caset i bilag 2). Et svensk forstudie Olofsson og Emborg (2004) peger således på at der er store muligheder for rationalisering, indenfor drift- og vedligeholdelse. Studiet peger på at der udføres mange, korte opgaver spredt på store områder. Opgaverne er økonomisk små og kan ikke bære administrativt arbejde. Derfor vil en erstatning af papirbaserede arbejdsgange med elektroniske have stor effekt

2.3 Potentialer indenfor transport til og fra byggepladser. Olofsson & Emborg (2004) opstiller en beregning der viser at det største besparelspotentiale ligger i hvis håndværkere kunne køre direkte til byggepladsen, frem for at skulle rundt om entreprenørens hovedkontor for at få overdraget dagens opgaver.

4. Integration af informationsproduktion og -administration

Der er behov for at iværksætte forsøg med direkte brug af systemerne i de umiddelbare arbejdsprocesser. Der er her, mange af de i dag vanskelige håndterbare informationer skabes. Der bruges meget tid på byggepladserne på koordination mellem bygningsarbejdere , håndværkere og byggeledere, og der er også vanskeligheder med at få den rigtige information frem og tilbage. Der er derfor et betydeligt potentiale i at udvikle decentrale systemer der støtter det udførende led direkte.

5. Udvikling af de nødvendige standarder, så mange forskellige systemer kan spille sammen. Her tænkes på Dansk Byggeklassifikation og IFC.

6. Udvikling af en mobiltelefonbaseret version af produktionskortet som foreslået af Det digitale byggeri. Produktionskortet kan blive en fælles norm for brugergrænseflade og strukturering af produktionsplanlægningsdata. En sådan fælles norm vil lette samarbejdet mellem entreprenører.

7. Forsøg med integreret omorganisering vertikal og tilpasset teknologi. I forlængelse af punkt 6 kunne man forestille sig at iværksætte forsøg, der kombinerer reengineering af organisationen med tilpasning af mobilteknologien og det digitale byggeris systemer.

8. De bestående barrierer og de begrænsede danske erfaringer tilsiger en fortsat og mere systematiseret erfaringsoverførsel fra andre lande. Der vil være en fælles interesse i at forberede enkeltvirksomhedernes implementeringer ved at belyse forandringsproceserfaringer, tilpasninger , integration yderligere.

9. tværfaglig forskning og udvikling: De internationale erfaringer indikerer at man kan få systemerne til at virke, men at det kræver flere forskellige slags kompetencer for at komme i gang. Der er behov for at integrere soft- og hardware kompetencer bedre med ledelse og organisation samt kompetenceudvikling. Der er meget behov for innovation der tager direkte fat i den umiddelbare situation i branchen, men der er også mulighed for at igangsætte støttende forskning. Det gælder for eksempel en bedre forståelse af arbejdsopgaver og – organisation på pladsen med henblik på hvilke dele af arbejdet der egner sig til mobilløsninger. Og det gælder udvikling af

standarder og andre tools der kan sikre interoperabiliteten mellem den mobile teknologi og de øvrige systemer.

11. Referencer

Adesso Systems, (2005). *The Top 5 Reasons Why Mobile Projects Fail, and What You Can Do About it - How to Leverage Mobile Computing to Become an Adaptive, Competitive Organization*, Adesso White paper. AdessoSystems. Accessed at <http://www.knowledgestorm.com>.

Affonso, A., Bourdeau, M. og Costicoglou, S. (2002). Future collaborative services for mobile workers in Construction. *CISEMIC 2002*. http://www.ist-collaborator.net/docs/final/public/WP100-021001-pub-eSM@RT_%20paper%20n165_%20final%20version.pdf

Ahlström, J. (1996). Studie av datorstödd ärendehantering i byggprocessen, (in Swedish, Study of computer-based workflow management in the construction process), M.Sc. thesis 304, Division of Construction Management and Economics, Royal Institute of Construction, Stockholm

Andersen K.V.& M. Vendelø, (2004) *The past and future of Information Systems*, Elsevier, Amsterdam, Holland.

Andersen T. & Koch C., (2001). Knowledge in Bricks? Management of knowledge at Construction Sites- the Case of Risk Management. Paper prepared for *Proceedings the Tenth International Conference on Management of Technology IAMOT 2001*, Lausanne, Schweiz.

Andresen J.L. & Christensen K (2002). *Anvendelsen af Projektweb i byggeprojekter*. BYG.DTU. R 0-43. Lyngby.

Apelgren S. & Holten Nielsen T. (2003). *Effektivisering af totalentreprenørers projekteringsprocesser, -et Operations Management Perspektiv*. Eksamensprojekt. Technical University of Denmark, Lyngby.

Apelgren, S., Richter, A. and Koch, C. (2005). *Snublesten i byggeriet*. BYG·DTU. Technical University of Denmark, Lyngby. (Stumbling stones in construction).

Avgerou C., Ciborra C. & Land F., (2004). *The Social Study of Information and Communication Technology: Innovation, Actors, and Contexts*, Oxford University Press, Oxford.

Avgerou, C. (2001). "The significance of context in information systems and organizational change". *Info Systems*, (11) pp. 43-63.

Bang H.L., Bonke S. & Clausen L, (2001). "Innovation in the Danish Construction Sector", in Seaden, G. & Manseau, A. (eds). *Innovation in Construction - an International Review of Public Policies*, Spon Press, London.

Bell, L.C. and McCullouch, B.G. (1988). "Bar Code Applications in Construction," *Source Document 33*, Construction Industry Institute, The University of Texas at Austin, Austin, TX

Benbasat, I., Goldstein, D.K.; Mead, M., (1987). "The case research strategy in studies of information systems" *MIS Quarterly*, (11:3), pp 369-386.

Berard O. & Hansen M., (2005). *Use of IT in small and medium size contracting enterprises. -seen in the light of "Digital Construction"*. Bachelor Thesis. DTU. Lyngby.

Berard O., (2006). Spørgeskemaundersøgelser af bygherre, arkitekter og rådgivende ingeniører. B3D-konsortiet. *Det digitale byggeri*.

Björk B.C., (2003). Electronic Document Management in Construction – Research issues and Results. *ITCON*. Vol 8. p105-117.

Bowden S, Dorr. A, Thorpe A., Anumba C.J. Gooding P., (2003). Making the case for Mobile IT in Construction. In Soibelman, L and Pena-Mora, F (eds), *Proceedings ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering* , Cancun, Mexico, 12pp.

By og boligministeriet, (2001). *Kvalitetssikring i byggeriet. Vejledning*. By- og boligministeriet. København.

CAPEB (2003). *Informatique et internet dans les entreprises artisanales du bâtiment. Enquête sur l'information et l'utilisation d'internet*. CAPEB/I+C 1^{er} trimestre 2003.

COMIT (2004). Current Status of Mobile IT, website materiale fra www.comitproject.org.uk.

COMIT (2005). Website materiale fra www.comitproject.org.uk.

Ciborra, C.U., Braa, K., Cordella, A., Dahlbom, B., Failla, A., Hanseth, O., Hepsø, V.,

Ljungberg, J., Monteiro, E. and Simon, K.A. (2000) *From Control to Drift*. Oxford, Oxford University Press.

CISEMIC (2002). http://www.ist-collaborator.net/docs/final/public/WP100-021001-pub-eSM@RT_%20paper%20n165_%20final%20version.pdf

Cox, S., Perdomo, J. and Thabet, W. (2002). Construction Field Data Inspection Using Pocket PC Technology. Distributing Knowledge in Building. *CIB W78 conference 2002. Proceedings*, volume 1, pp. 246. Aarhus School of Architecture, Denmark.

Dahlbom B.& Mathiassen L., (1993). *Computers in Context. The Philosophy and Practice of Systems Design*. Blackwell. London.

Davidson, I.N. and Skibniewski, M.J. (1995). Simulation of Automated Data Collection in Buildings, *Journal of Computing in Civil Engineering*: July 1995, v9, n1, p9.

de la Garza, J.M. and Howitt, I. (1998). Wireless Communication and Computing at the Construction Jobsite, *Automation in Construction*, v7, pp 327-347.

Dib, S. and Grobler, F. (1992). An Information System Architecture for Construction Materials, Computing in civil engineering and GIS Symposium : proceedings of the eighth conference held in conjunction with A/E/C Systems '92, Hyatt Regency Dallas Hotel, Dallas, Texas, June 7-9, pp 332
Document 70, Construction Industry Institute, The University of Texas at Austin, Austin, TX.

Duc M., (2002). *Le Travail en Chantier*. Octares Editions.Toulouse.

EBST, (2003). Implementering af Det digitale byggeri. Erhvervs- og Boligstyrelsen. København

EBST, (2006). *Indlejret teknologi i byggeriet, Potentialer og besparelsesmuligheder for offentlige bygherrer*. Erhvervs- og byggestyrelsen. København.

Ejbe, M. (1996). Erfarenheter från datorsamordning i större byggprojekt, (in Swedish, Experiences of IT-coordination in larger construction projects), M.Sc. thesis 304, Division of Construction Management and Economics, Royal Institute of Construction, Stockholm

Ekman, T. (1999). Dokumentpooler – Elektronisk dokumenthantering i byggprojekt. Byggandets Organisation och Ekonomi, KTH, Stockholm. <http://www.indek.kth.se>.

Elaluf-Calderwood, S., Kietzmann, J., and Saccol, A. Z., (2005). Methodological Approach for Mobile Studies: Empirical Research Considerations, *Conference Proceedings 4th European Conference on Research Methods in Business and Management*, Paris, France.

El-Mashaleh, (2003). *Firm Performance and Information Technology Utilization in the Construction Industry: An Empirical Investigation*. Department of Civil and Coastal Engineering, University of Florida, Doctoral Dissertation, December.

FIATECH (2006), Annual Technology and Showcase conference.
<http://www.fiatech.org/>

FIATECH (2007), Annual Technology and Showcase conference.
<http://www.fiatech.org/conferences/07/conf07exhibit.html>

Fischer M. Kunz J., (2004). The role and scope of information technology in construction. *CIFE*, Technical report no 156, Stanford University.

Grønbæk K., Kyng M. & Mortensen P., (1997). Toward a Cooperative Experimental System Development Approach. In Kyng, M., Mathiassen, L., *Computers and Design in Context*. MIT Press, Cambridge, Mass.

Haugen T. & C. Koch, (2004). An IT R&D-programme without new code?! –State driven IT-development in Denmark. In Khosrowshahi F (ed.): *Proceedings of the Twentieth Annual Conference of Association of Researchers in Construction Management*. ARCOM. Edinburgh. pp 579-586.

Heldgård J., (2005). *IT på byggepladsen*. Slutrapport. Vitus Bering. Horsens.

Hinds P. & S. Kiesler, Eds., (2002). *Distributed work: New ways of working across distance using technology*, MIT Press.

Holmström H., (2004). Involving Distant Users in Packaged software Development: A user Community Approach. In Flensburg P. & Ihlström C (eds): *IRIS 27 plenary papers*. IRIS. pp 159-179.

Hutchby J., (2001). *Conversation and Technology. From the telephone to the Internet*. Polity Press. Cambridge.

Haas, Carl T., Saidi, Kamel S, Balli, Nicole A., (2002). *The Value of Handheld Computers in Construction*, Report for The Construction Workforce Thrust Team University of Austin, Texas, USA.

Höög, Peter 1996. Datorstödd dokumenthantering i ett större byggproject, (In Swedish, Computer-Based Document Management at a Large Construction Site),

M.Sc. thesis 300, Division of Construction Management and Economics, Royal Institute of Construction, Stockholm.

ITTS (2006a). *Telestatistik – 2. halvår 2005*. IT- og Telestyrelsen. København.

ITTS (2006b). *Telestatistik – 1. halvår 2006*. IT- og Telestyrelsen. København.

Josephsson P.E. (1994). *Orsaker till fel I byggandet*. Institutionen for Byggnadsekonomi. Chalmers. Göteborg.

Klein, H K.; Myers, M. D., (1999). A set of principles for conducting and evaluating Interpretive Field Studies in Information Systems. *MIS Quarterly*, (23:1), 1999, p. 67-94.

Koch C. & Haugen T.I. (2004). An IT R&D-programme without new code?! –State driven IT-development in Denmark. In Khosrowshahi F (ed.): *Proceedings of ARCOM*. Edinburgh. Pp 579-586.

Kyng, M., Mathiassen, L., (1997). *Computers and Design in Context*. MIT Press, Cambridge, Mass.

Latour B., (2005). *Reassembling the Social. An introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford University Press. Oxford.

Latour B., (1996). *ARAMIS or the love of technology*. Harvard University Press. Cambridge Mass.

Lawyer, L.C. (1991). "Trends: Providing Value-Added Technology. (Annual Geophysical Report)," *Oil and Gas Journal*, v89, n44, pp50

Lindhart J., (2006). *Statusanalyse Implementeringsnetværket fase II*. Xconcept, Værløse, 2006.

Lindorfs, C., Chang, P., and Stone, W. (1999). "Survey of Construction Metrology Options for AEC Industry," *Journal of Aerospace Engineering*, v12, n2, pp 58-64.

Liu, L.Y., Stumpf, A.L., Chin, S.Y., Ganeshan, R., and Hicks, D. (1995). "Construction Daily Log Management System Using Multimedia Technology," *Computing in Civil Engineering: proceedings of the Second Congress held in conjunction with A/E/C Systems '95 / ASCE*, Atlanta, GA, pp1084.

Ljungberg, J., Monteiro, E. and Simon, K.A., (2000). *From Control to Drift*. Oxford, Oxford University Press.

Luff, P. & C. Heath, (1998). Mobility in Collaboration, in *Proceedings of ACM Conference on Computer Supported Cooperative work*. CSCW' 98, Seattle, Washington, ACM press.

Löfgren A., (2006). *Mobile Computing and Project Communication– mixing oil and water?* Licentiate Thesis, School of Industrial Engineering and Management, KTH, Stockholm.

Löwnertz, K., Johansson, C., Lindgren, N., Björk, B.-C., (1995). Datorstödd hantering av dokument i bygg- och förvaltningsprocessen. Rapport, Byggandets informationsteknologi, Kungl tekniska högskolan, och CITB, Chalmers tekniska högskola, Stockholm.

Mackenzie A., (2003). These Things Called Systems: Collective Imaginings and Infrastructural Software. *Social Studies of Science* 33/3(June), 2003, pp365–387.

Magdic A., Rebolj D. and Suman N. (2004). *Effective control of unanaticipated on-site events: a pragmatic, human oriented problem solving approach*. ITcon vol. 9, p 409-418.

McCullouch, B.G. and Gunn, P. (1993). Construction Field Data Acquisition with Pen-Based Computers, *Journal of Construction Engineering and Management*, v119, n2, pp374-384.

McCullouch, B.G. and Lueprasert, K. (1994). 2D Bar-Code Applications in Construction, *Journal of Engineering and Technology Management*, v120, n4, pp739.

Nilsson, Klas: Isaksson, Lennart: Levander, Gillis: Olofsson, Thomas, (2003). *Mobila verksamhetssystem i byggandet*, Väg- och vattenbyggnad Konstruktionsteknik. Teknisk Rapport 2003:10, Luleå Tekniske Universitet.

O'Brien, W. (2000). Implementation Issues in Project Web-sites: A Practitioner's Viewpoint, preprint version of a paper published in ASCE Journal of Management In Engineering, May 2000, Vol 16 (3), pp. 34-39

O'Connor J.T. and Won S. (2001). *Work Function-Level Technology Use Metrics For Capital Facility Projects* Report no. 18, Center for Construction Industry Studies, The University of Texas at Austin.

O'Connor J.T. and Yang L. (2002). *Capital Facility Project Success and Technology Usage*. Report no. 22, Center for Construction Industry Studies, The University of Texas at Austin.

O'Connor, J.T. and Dodd, S.C. (2000). "Achieving integration on capital projects with enterprise resource planning systems," *Automation in Construction*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands, v9, n5-6, pp515-524, September.

Olofsson T. and M Emborg, (2004). "Feasibility Study if Field Force Automation in the Swedish Construction Sector". *ITcon* Vol. 9, 2004, pg. 285-295.

Pappas Michael Philip (2004). *An Assessment of Implementation Requirements for The Tier II Construction Workforce Strategy*. Ph.D. Dissertation. University of Texas, Austin.

Pica D. and Sørensen S., (2004). On Mobile Technology in Context: Exploring Police Work. *Journal of Computing and Information Technology*. (12:4), 2004, pp:287-295.
<http://cit.srce.hr/>

Pietroforte R., (1997). Communication and Governance in the building process, *Construction Management and economics* 1997 vol 15 pp 71-82.

Roadcon (2003): Construction ICT Roadmap. IST-2001-37278

Rolland, K.H., (2004). 'Travelling risks' On the reflexive dynamics of global IT Infrastructures. *Proceedings of IRIS27*. Falkenberg, Sverige.

Salzman D. and Rosenthal S.(1994). *Software by design*. Oxford University Press. New York.

Sanvido, V.E. and Messner, J. (1992). "Classifying Process Control Information," Computing in civil engineering and GIS Symposium : *Proceedings of the eighth conference* held in conjunction with A/E/C Systems '92. Regency Dallas Hotel, Dallas, Texas, June 7-9, pp340.

SBI (2004) *Svigt i byggeriet - økonomiske konsekvenser og muligheder for en reduktion*. SBI. Hørsholm. (SBI, The State Building Research Institute).

Schmidt K. & C. Simone, (1996). Coordination Mechanisms ; Towards a conceptual Foundation of CSCW systems design, *Computer Supported Cooperative work* 5.

Stukhart, G., (1992). "Bar Codes and Data Integration in Construction," *Computing in civil engineering and GIS Symposium: proceedings of the eighth conference held in conjunction with A/E/C Systems '92*, Hyatt Regency Dallas Hotel, Dallas, Texas, June 7-9, pp484

Stukhart, G. and Nomani, A. (1992), "Bar Code System Standardization," *Source*

Document 70, Construction Industry Institute, The University of Texas at Austin, Austin, TX.

Stukhart, G. and Cook, L.C. (1989), "Bar Code Standardization in Industrial Construction," *Source Document 47*, Construction Industry Institute, The University of Texas at Austin, Austin, TX

Sunkpho, J., Garrett, Jr., J.H., and Smailagic, A. (2000). "Towards a Framework for Developing Audio-Centric Interfaces for Field Data Collection Application," *Proceedings of the Eighth Congress on Computing in Civil Engineering*, ASCE, August 14-16, pp1029.

Thomas, S.R. (1999). "Impacts of Design/Information Technology on Project Outcomes," NIST GCR 99-786, Gaithersburg, MD

Tommelein, I.D. (1997). "Using Palm-Top Computers in Teaching Materials Management"," In *Proceedings of Construction Congress V*, Minneapolis, MN, Oct. 4-8

Uhlik, F.T. (1995). "Use of Pen Computer for Soils and Foundations Applications," *Computing in Civil Engineering: proceedings of the Second Congress held in conjunction with A/E/C Systems '95* / ASCE, Atlanta, GA, pp1344.

UMTS-udredning (1999). Fra ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udviklings hjemmeside. <http://www.itst.dk/wimpdoc.asp?page=tema&objno=95024988>

Unger, S., 2003. "Tipping Point: The Case For Owner Adoption of Project Collaboration Tools." A Constructware™ White Paper, April.

Urry, J. "Mobile Sociology", (2000). *British Journal of Sociology* (51:1) 2000, pp185-203.

Vogelius P., (2005). *Nye informations- og kommunikationssystemer på byggepladsen. Rapport I: Evaluering af et pilotprojekt med internetopkoblede, håndholdte terminaler på byggepladsen*. BYG.DTU. Lyngby.

VTU, (2005). *Informationssamfundet Danmark It-status 2005*. VTU og Danmarks Statistik. København.

VTU, (2006). *Informationssamfundet Danmark It-status 2006*. VTU og Danmarks Statistik. København.

Walsham, G., (1993). *Interpreting Information Systems in Organisations*. West Sussex: John Wiley&Sons.

Ward M., T. Thorpe, A. Price, C.Wren, (2004). Implementation and Control of Wireless Data Collection on Construction Sites, *ITCON*, vol 9, 2004, pp 297-311.

Weilenmann, A., (2003). *Doing Mobility*. Gothenburg Studies in Informatics -PhD Thesis. Gothenburg, Gothenburg University. Sweden: 182.

Williams, R. and Clausen C. (eds.), (1997). *The Social Shaping of Computer-Aided Manufacturing and Computer Integrated Manufacture*, COST A4 Social Sciences, Luxembourg: European Commission.

Williams, T.P. (1994). "Applying Portable Computing and Hypermedia to Construction," *Journal of Management in Engineering*: May-June 1994, v10, n3, pp41.

Wiredu, G., (2006). *Perception, Mobility and the Affordance of Portable Computers: An Historical Epistemology of Mobile Computing*. Downloaded fra <http://mobility.lse.ac.uk/>.

Wiredu, G. *The Reconstruction of Portable Computers - On the Flexibility of Mobile Computing in Mobile Activities*. IFIP 8.2 at Case Western Reserve University, Designing Ubiquitous Information Environments: Socio-technical Issues and Challenges. Cleveland, USA.

Wood C.R. & M.W. Alvarez, (2005). *Emerging Construction Technologies* - a FIATECH Catalogue. FIATECH.

Internet-links:

COMIT: www.comitproject.org.uk,

FIATECH: <http://www.fiatech.org/projects/roadmap/cptri.htm>

MACE: <http://www.mace.co.uk>

Primavera: <http://www.primavera.com/files/brochures/Construction.pdf>
<http://www.primavera.com/industry/ec/stories.asp>

Sharehive LCC: <http://www.sharehive.com/FACSBrochure.pdf>

Stent: <http://www.stent.co.uk/>

ThinkShare: <http://www.enr.com/features/technologyEconst/archives/030623.asp>

Webcor Builders: <http://www.webcor.com/>

Zoomlist: <http://www.thezoomlist.com/>

BILAG

Bilag 1: Samlet oversigt over undersøgte IKT-systemer

Bilaget er vedlagt som to A3 sider med en oversigtsfigur.

BILAG

Bilag 2: Supplerende Case-studier

To supplerende COMIT case-studier:

Taylor Woodrow, Glasgow

Rosser and Russell Maintenance Inspection

COMIT, UK: Taylor Woodrow, Glasgow

Process	Snagging
Users	Any work inspector
Hardware	Digital Pen and Paper
Software	Sysnet Snagmaster
Location	Glasgow Harbour, UK

The company

Taylor Woodrow is a large international company involved in housing and construction in USA and Europe. The project described concerns the development of 320 flats taking place at Glasgow Harbour site and part of the Clyde regeneration project.

Previous situation

Like other contractors, Taylor Woodrow has noted that too much time is spent rectifying snags. Snagging is estimated to account for the last 1% of a project. Prompt rectification of snags is particularly critical at the final stages of a project, where delays can affect final project handover dates, and ultimately, payment of contractors. Snagging can be a particularly difficult issue on large sites, such as the Glasgow Harbour project – a major regeneration project on the waterfront in Glasgow, comprising retail, leisure and commercial developments, along with the construction of 2,000 to 3,000 homes.

Original Business Process

Snags were listed on a sheet of A4 paper, with a column on the right showing the sub-contractor responsible for fixing the snag. When the forms had been filled in on site, they were left in the office to be typed into the computer system. When the snags had been typed up, they were passed back to the site staff to check and then the list was printed out and handed to all the sub-contractors. This process could often take nearly a week. The sub-contractors then had to find their snags on the list and rectify them. These could often be out of date.

Process

Snagmaster allows snags to be identified, actioned and checked efficiently. The snagging process previously involved the typing up of all snags identified, and then these forms would be photocopied and sent to the relevant subcontractors.

Solution

Taylor Woodrow and Sysnet have re-designed and improved the forms that record the data. Snags are noted as before, but using Digital Pen and Paper. The data is captured in a web-based application, designed by Sysnet, which is accessible via secure login. The data can then be interrogated, reports produced and snags issued to sub-contractors electronically.

Mobile computing device

Logitech io pen. The pen writes like any normal ballpoint (using replaceable ink cartridges), and stores everything that is written when used with digital paper. The pen can carry about 500 snags in its memory before needing to be cradled.



Software application

The Snagmaster database is a web-based application hosted by Sysnet. This is paid for only when it is being used. Sub-contractors and managers are notified automatically of snags.



Sub-contractor codes, site locations and trade packages are user definable to be flexible to most projects. This provides information for a wide variety of reports and benchmarks.

Communications infrastructure

This project has been using the cradle for the pen to send the information through the PC to the Snagmaster application hosted at Sysnet. This can also be achieved in the same way by using a mobile phone to send the information instead of a cradle.

Data storage system

The data is recorded on the forms and then uploaded to Snagmaster, which is a web-based application hosted on a server at Sysnet. Anyone with a web browser and valid login/password details can access the data.



Costs

The total implementation cost for Snagmaster at Glasgow Harbour was £4,375, including running costs for the first year, the total is £10,375. Key areas of expenditure were:

- Customisation of forms and website;
- Printing of forms;
- Software Licence.

Benefits

Previously, the time elapsed between recording snags and notifying the relevant sub-contractor(s) was between a few days and a week. Using Snagmaster, it is now just a few hours. The new system improves confidence, speeds up the process and enables data interrogation and the whole process to be better managed.

Gains

The costs saved in this project are largely a result of the time saved to input the information into the computer systems. There is also time saved on site and when reporting. One of the savings that is not measured is the value of telling the sub-contractor about their snags a few days sooner than they are used to. There can also be a large saving if there is a legal appeal and records of snags are required by the courts.

Time

Time is saved whenever data is needed about snags. The forms have been re-structured to accurately populate the database with as little human checking as possible. The forms are now simpler and have a stricter format; this means that they can now be filled in by a client or by the main contractor. The main contractor will follow the client around the site for the first visit. After that, the digital pen and paper is given to the client. This saves half a day of the contractor's time by not having to shadow the client. Time is saved by not having to manually enter the contents of forms into a database. Printing off and sending the entire list to each sub-contractor no longer happens, since one page is printed or e-mailed for each specific sub-contractor. This also makes the reporting of snags to the sub-contractor much faster and thus much more likely to be resolved quickly without disruption to any other work packages. When tribunals take place regarding works undertaken, all snagging information is requested. The information is usually needed within two days. With the old paper system, some of the information was likely to be missing and it took site staff considerable time to find all the related files. Now a simple query within the database will find all the related files and this has already helped significantly. One sub-contractor has even bought the system for this sole reason after seeing how easy it is to retrieve all the information.

Quality

Since the snags are sorted and notified to the subcontractors much faster, they are much more inclined to complete the job properly instead of thinking that they are reading a snag noted last week and that it will be forgotten. Since the database is so user-friendly, sub-contractors only see snags specifically notified to them, rather than a long list of snags for everyone. This means that they are less likely to miss any snags.

Return on Investment

Taylor Woodrow's large projects commonly use temporary office staff to handle the snagging information. With the new system, the time saving means that one fewer full-time temporary staffmember is needed. The time saving for Taylor Woodrow site staff can be equated to over £20,000 per annum. With licence and support costs at about £6,000 per annum, there is a large saving just on

administrative time. The major benefit is the speed with which snags are rectified. This is one of the reasons that the Glasgow Harbour project is on schedule.

Champion

Taylor Woodrow has an ethos of continuous improvement. The company had been working with software developer Sysnet (developers of Snagmaster) elsewhere. Sysnet introduced Taylor Woodrow to Digital Pen and Paper technology as a possible solution to helping speed up the snagging process – the first time such an application has been used for this purpose in the UK. Iain McNabb is the site manager responsible for piloting the use of the digital pens on Glasgow Harbour.

Implementation Team

The team consisted of Iain McNabb and Alasdair Ross (Business Development Manager, Sysnet), with help from the Taylor Woodrow IT staff. A close working relationship between the two brought the construction and IT knowledge together.

Training

A simple written process, provided to each pen user, is all that is required, rather than any structured training. This again reduces the cost of implementation. The digital pens come with easy to install software for the local PCs. However, no software needs to be installed when use with mobile phones. The website is available via an internet connection.

Team tasks

A member of the team takes a Snag Pad and a digital pen round the site. On the pad, they note any snags that they identify. Back at the site office, the information is uploaded to the database and the snagging reports are e-mailed / faxed or printed and handed to the sub-contractors.

Technology usage

The snagging process described above is carried out as it was before, using pen and paper. However, the pen-strokes are now stored in the memory of the pen and uploaded seamlessly to the on-line database. This means that the data can be issued to sub-contractors more rapidly than before. Interrogating the data and creating reports are now simple tasks, instead of taking hours of manual effort.

Why employ this technology?

The pen can automatically record the date and time; the software changes the handwriting into text and also saves the signatures of the author. An image of completed forms will always be stored in the system. Signatures are stored on

the original form and recorded in digital format. The technology is almost hidden, which greatly reduces the human barrier to change.

Implementation Timescale

From the start the pilot was ready in six months. The initial demonstration to senior staff and the formal proposal took a few weeks. It was a month until authorisation was given. Talks between Alasdair and Iain for the forms design and web site design, software development and access protocol took most of the time.

Snagmaster is now commercially available as an on the shelf product. From receipt of a Purchase Order, Snagmaster can be implemented and in use within 4 weeks.

New Business Process

The Taylor Woodrow site staff (or client management staff) sign out the digital pen and the folder which contains the digital paper forms. Whilst walking round the site, they fill in the forms with details of the snags and their location. Staff have to remember to tick the 'start' and 'send' boxes at the top and bottom of the forms. When the pen is given back to the site office and put in its charging dock, it will upload the saved information to the Sysnet server which will process and publish the data to Snagmaster. The Snags can then be issued to relevant sub-contractors at the click of a button. This method means that there is a copy of a signature whether it is digital or on paper.

Lessons Learnt

People

The construction team have learnt that the software more easily recognises clear handwriting or writing in capitals. The software will encounter problems reading rapidly written, unclear handwriting. The new technology prompted the project team to improve the structure of the snagging questionnaire and to make questions more clearly structured / easy to answer. This has not only enabled the software to more easily interpret the information given in the questionnaire, but has also helped users with completing the forms. This, in turn, means that more contractors (not just Taylor Woodrow team members) can more easily complete the snagging forms.

Process

The recording of snags can be carried out by the contractor or by the client.

Technology

The software allows the site staff to look at the recently submitted forms and edit the words in case the handwriting software has not been accurate. The handwriting recognition is easier for capitals and neat handwriting. There are two ways of sending the information to the database. This can be either via the pen's 'cradle', which is now being used by Taylor Woodrow, or by mobile phone that sends the information via Bluetooth technology to the software. Taylor Woodrow is considering this for other projects that do not have a considerable site office so that the information can be at head office or with the client before the site manager can get back to a computer with internet access.

What Next?

Taylor Woodrow is evaluating the system and may extend its use to other projects. The FM division of Taylor Woodrow may look at the technology for inspection of premises and remote working applications. Sites without a permanent office will send information via mobile phone to the database.

Sysnet is looking to possibly extend the software to enable it to be used for site diaries, which are mainly used by Site Managers. The software could enable the site diaries to be more readily accessed by other team members. Sub-contractors may also use it, which will facilitate them becoming preferred supply chain members to Taylor Woodrow.

Details for further investigation

User:

Iain McNab, Taylor Woodrow
[iain.mcnab@uk.taylorwoodrow.com]

Software and Hardware Provider:

Alasdair Ross, Sysnet
[arr@sysnet.co.uk, www.sysnet.co.uk]

COMIT, UK: Rosser and Russell Maintenance inspections

Rosser & Russell is a company founded in the 1860's active within the building services industry in UK, offering a package from initial design through quality installation to planned preventive maintenance.

Background

The manual administration system for maintenance tasks and timesheets, had become unwieldy due to the large “paper trail” that it produced, customers were becoming unhappy with the speed and inaccuracy of invoicing and reporting.

Process

The process of taking worksheets and timesheets and using the information to provide reports and invoices. Traditionally, engineers filled out paper worksheets and sent these back to the office in weekly batches with a covering timesheet. These needed to be chased, collated, checked, verified and reconciled. This resulted in a large administration effort, slow processes and out of date information.

Solution

Engineers now have PDAs so that they can receive and fill out worksheets in real time. Forms on the PDA, developed by software engineers, look like the old paper forms. These are sent via the mobile phone network to the database. Information transfers between them almost instantly.

Mobile computing device

The handhelds used in this case are the Siemens SX45 model. They currently have three hours battery time at high usage, R&R have put spare batteries in all the units. They provide a good screen visually and choice of pen or button inputting. The SX45 are larger than the new units available, in a fast developing industry. They are used by R&R in the leather cases as shown



Software application

The Form application is used, (shown) has been developed by Cognito, which copies

the style of the R&R paper forms and translates straight into CONCEPT, a standard FSI database.

Communications infrastructure

The Siemens handhelds communicate through text messages and on-screen “forms” (developed specifically for R&R). Messages are routed via Cognito to a project server at R&R head office (a Win2000 server). The servers with the FSI Concept database on can be accessed at different levels of detail by customers with a web interface, R&R contract managers, logistics controllers, accounts users, basic users and Concept administrators.

Data storage system

Very little data is stored on the Siemens handhelds as the information is frequently reported to back to the server. The Cluster server (a Win2000 server) holding the FSI Concept database (shown) information is the main storage facility. There is a backup server (MS SQL Server 2000) linked directly to the main server.

Costs

The total implementation cost for this mobile computing solution was £135,000 and then a running annual cost of £72,000. The key areas of expenditure were:

- Set-up of software modules and interfaces
- Buying the Siemens PDA units
- Memory cards and SQL license for each unit
- Training, mainly internal time spent

Benefits

The improved planning, information speed and accuracy will help contain administration costs during a period of expansion and increased turnover. Information about the status of jobs is available the same day, not a month

Business Benefits

Cost

Originally, the annual turnover was steady as some clients arrived and some left. Due to an expansion program the turnover has doubled in three years; partly because the administration work is not increasing with new clients, the divisions profitability has improved. This has enabled more focus on long term maintenance contracts and not short term reactive projects. The administration work has reduced, even though the number of contracts has increased. When all the paper forms are stopped, the administration time saving is estimated at 450hrs a week for an office working with 90-100 engineers.

Time

The clients can see on the company extranet the status of the jobs as soon as the information is in the PDA. This is a huge improvement from a three week paper delay. The administration staff can now do three tasks (logging, checking, reporting) instead of one task being a full-time job.

Quality

The real time transferral of electronic data significantly reduces the time spent trying to match job forms, contract jobs, timesheets etc. There are now no errors from engineers writing the wrong job number on forms as this is done automatically. The customers appreciate the efficiency, lower costs and like to be associated with new technology. The accuracy of the forms means that engineers can only put in times within 1/2hr of the real-time.

Return on Investment

The impact on the administration effort is high. Take a large contract of 30 engineers, they produce enough paperwork for 5 staff full-time. With the PDAs sending information through this is reduced to one full-time administration staff. The payback period can be estimated to about 40 weeks for this size of firm. However, if you consider the increase in the contracts and customer satisfaction then this number can be reduced.

Champion

The National Operations Director, Paul Ryder, initiated this development and the Systems Manager, Richard Thomas, carried it out. Paul had seen a similar

system installed and working in a previous role and was brought in to push things forward. This gave Richard the backing and the time to carry out the leg work for the infrastructure and the technical work.

Implementation Team

The improvement was initiated by the National Operations Director and carried out by the Systems Manager (Richard). Guided by Richard, the contract supervisors did the final rollout. The Cognito and FSI staff gave training information to the SystemsManager.

Training

To use the Siemens hand-held the engineers each had two hours of training in groups of two. The administration staff had longer training but there are less staff to train. Future training will be given to the administration and accounts staff as they now have some time freed and have increased multi-tasking. Some of the initial training was provided by Cognito and then some internally by the Systems Manager. It was found that the most effective training was given by the contract supervisors to their engineering staff. Thus training concentrated on using the contract supervisors.

Team tasks

The engineers undertake planned and reactive building services maintenance tasks. Mostly on a limited number of contracts so they get to know the buildings and environments. Having to carry a Siemens SX45 to receive and send information, is much more efficient than carrying then posting paper (such as timesheets, maintenance forms) for each task.

Technology usage

PDAs (Personal Digital Assistant) are being used by the maintenance engineers to replace all their paper forms. They fill in details about the status of jobs, the time, the condition of the equipment, and even sign using the screen. All new jobs are sent to the PDA over the mobile phone network. The office database records when the data is sent. In the future they will also fill in purchase orders for parts on the PDAs.

Why employ this technology?

A strategic change was desired to enable expansion and improve profitability. The old system entailed paper forms and posting reports/timesheets, and couldn't deliver the strategic change. The time taken to transfer information and report to clients and the accuracy of data have been targeted by this solution.

The old infrastructure was upgraded for year 2000 and made robust for the new solution.

Costs

Costs fluctuated and mostly evened each other out to match the budget. A suitable database was already in-place for the mobile IT to communicate with. If there is not an existing robust database available then there will be additional costs.

Implementation Timescale

This took over two years. Over six months to research what was available and set-up a budget. About one year for the software development and to put the hardware network in place. Finalising the supporting infrastructure and doing pilot projects took another year. Once the paper forms are not required the main advantages can be gained from the time savings for the engineers, accounts and the client reports.

Original Business Process

Reactive maintenance calls are phoned through to engineers who will have blank paper forms that they fill out as they do the work. Planned maintenance is posted to contract supervisors to allocate on a monthly basis. The forms are posted by engineers each week with time sheets. This causes problems when there are postal delays/strikes and relies on the weekly paper form management of the engineers. Situations such as the recent postal strike underline this. The office staff then have to try to match up papers for jobs and timesheets. This causes many queries and is time consuming. The data is then entered to the IT system, often 2 weeks after the work was carried out. The errors are then checked and the invoicing and KPI reporting is produced, hopefully accurate but out of date. Office staff can check progress of the planned maintenance for the previous month.

New Business Process

Reactive maintenance forms are sent through to the engineers PDAs. The planned maintenance forms are sent through to the contract supervisors each week to allocate. Engineers fill out an electronic form at the end of each visit. The form is then sent to the computer system. Sanity checks are carried out by the system and by office staff. The office staff can then produce the reports and customers can look at the status of jobs via access to the R&R extranet. This real-time view of jobs enables the office staff to see how up to date the planned maintenance work is for that day.

Lessons Learnt

People

The contract supervisors need to understand the new process and promote it to the engineers. If the IT staff promote it then it doesn't work as a business improvement in the eyes of the engineers. It is also not seen as coming from their department or the hierarchy directly above them. This can hugely reduce the enthusiasm to use any new unit. The new PDAs are being used by engineers, there were some initial damages when the units are not returned to their protective cases. The engineers are now responsible for their own units and cases. To enable timely development of software and cross over to new servers, the IT staff need to give their backing to the changes. Ease of use of the software is vital thus full IT cooperation is needed. The first pilot was pushed forward for a large project. The installation team would have preferred a smaller project. The mistakes that happened because of this haste caused a loss in confidence in the process and future delays. A better organised project with the help of the contract supervisors then had 30 engineers kitted and trained in three months and the removal of paper forms within the next two months. This enforced the importance of a pilot project and having the correct staff taking ownership. The chosen supervisor was based near the administration office and understood the businesscase for the new process.

Process

Carry out a full risk assessment for anything that will be changed or affected and the affect that this could cause on the running of the business. There are always things to learn that were not expected. Although the forms on the PDAs are very similar to the paper versions there are some differences, such as a job that is sent to an engineer that is off-sick. This has to be sent back and re-sent to a different engineer before he can see or log any information on it. If two engineers are doing a job together they both need to submit separate forms for the job, as these are also used as timesheets.

Technology

The PDA technology is now more available and constantly being updated. R&R have appreciated the close relationship between Cognito (Server and software) and FSI (database), the different systems have had no trouble 'talking' to each other. When putting in new technology such as this, don't try to do everything at once. The infrastructure development and usage needs to be implemented in gradual stages to be tested and culturally accepted.

What Next?

The PDAs are to be rolled out to the remaining few engineers who are still using paper. The office staff need a little more confidence in using the system to stop the use of paper forms. It is then that the large time improvements are expected. With the new solution enabling the improved process, Rosser & Russell can now take on larger/longer contracts with confidence. After usage has been consolidated the uses of the PDAs can be increased. Bar-coding on equipment can be introduced and R&R can efficiently keep records and inventory of all equipment for customers not just the maintenance plans.

Details for further investigation

User:

Richard Thomas, Rosser & Russell
[www.rosserandrussell.co.uk]

Software Providers:

Cognito
[www.cognito.co.uk]

FSI

[sally.wotton@fsi.co.uk]

Hardware and Service provider:

Siemens (via Cognito) and Vodafone

BILAG

Bilag 3: Research and development projects

The following gives a short description of international projects aiming at supporting the development of ICT in the construction sector:

Europe

The Information society European union has launched several projects related to ICT in the construction sector. These Projects address general potential of use of Internet and wireless communication system for the industry, they are usually very much ICT oriented one can mention among others:

Related to collaboration

Collaborator (2001-2003): The goal of the project is the realization of a distributed software environment to provide a shared workspace supporting the activities of virtual teams in a mobile environment. Collaborator integrates standard Web technologies with Agent technologies enhancing the classic Web communication mechanisms to support synchronous sharing of applications. Another goal of the project was to set up a trial environment to explore and validate the benefits of integrating Collaborator with emerging technologies such as: 2.5, 3G networks and terminals, and new generation of home appliances. Validation of the Collaborator distributed environment was taking place in two industrial sectors: the construction and telecommunications sectors. The Project is technically oriented and focus on ICT development, the construction sector is used as field study for virtual meeting. The partners of the project are essentially ICT oriented.

<http://www.ist-collaborator.net/>

The OSMOS (2000-2002) project is concerned with defining the working practices, processes, techniques, tools and technical infrastructure to allow the European construction industry to progress towards a large scale, computer integrated approach. As such, it is an industry-led project involving construction end-users, construction IT providing companies, and academic and research organisations. In addition, OSMOS user interest groups is set up in Finland, France, the UK, and Sweden, involving representatives from a variety of construction and non-construction industry companies. The project developed an internet, low cost solution to support virtual team and collaboration.

Partners: DERBi a subsidiary of Groupe OTH, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment" (CSTB), Granlund engineering company in building services consulting in

Finland, JM AB Sweden, The Information Systems Institute (ISI) Salford University, VTT - Technical Research Centre of Finland.

<http://cic.vtt.fi/projects/osmos/>

E-COLL (2000-2003) Advanced Infrastructure for Pan-European Collaborative Engineering. develops a paradigm platform for distributed collaborative engineering through the definition and implementation of an advanced infrastructure for collaborative engineering, i.e. unified dynamic [Tool Registration and Management Services](#) - TRMS. The project is aiming at the definition of the infrastructure and technology for such services developed from industrial applications in the field of embedded systems design. Moreover, the project comes up with common practices and metrics for EDA workflow and improvements.

Diversity (2000-2003) The project primarily addresses Workplace Design by developing, integrating and evaluating innovative workplace technologies for creating innovative and new workplace environments in the building industry sector. It aims to improve the process of building design and construction by enabling the user groups to operate both more efficiently and with better interaction. The project addresses the three key building construction phases: Client-Briefing, which requires detailed interaction with the client; Design Review, which requires detailed input from multidisciplinary teams of architects, engineers, and designers; and Construction, whose function is to fabricate and/or refurbish the building/s. The objective is to produce a prototype virtual workspace that enables the three key phases to be visualised and manipulated, thus enabling better design and planning through greater interaction between all stakeholders. This will result in improved productivity and design; lower building costs with reduced waste, and improved safety both in the final building and also the construction process. The key milestones are the development of three modules for construction workspaces and their integration into the prototype system.

Partners: Aalborg University, Institut for bygningsteknik, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment" (CSTB), CS systems d'information SA, Evata Finland, Centro dei Ricerca Sviluppo e Studi Superiori Sardegna, Spie Tondella France, Salford University.

England

The COMITproject

COMIT, Construction Opportunities for Mobile IT, is a two-year research and development project part-funded by the Department of Trade and Industries'

“Partners in Innovation Scheme”. Led by Arup, a consulting company, in partnership with BSRIA, (Building Services Research and Information Association) and Loughborough University, the project brings together representatives from construction, technology, research and dissemination organizations to facilitate the realisation of business benefits from the adoption of mobile information and communication technologies. The visibility of the project is assured by a website presenting analyses of the buildings processes, technologies and cases studies. The number of cases studies showing successful ICT implementations is by now 40.

Key Objectives

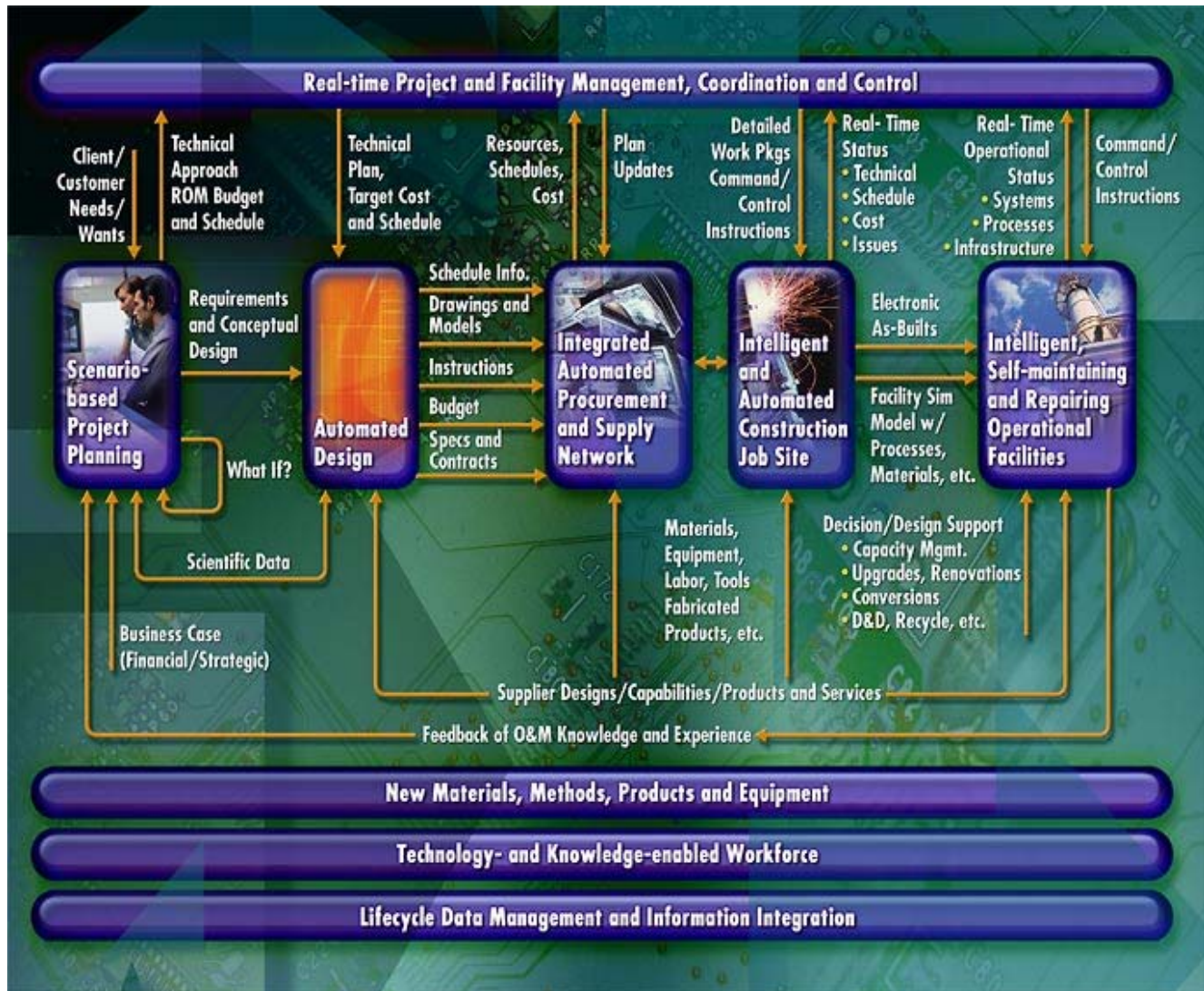
- Creation and running of the COMIT community, gathering different actors of ICT and construction companies.
- Mapping of information and communication needs of point-of-activity workers.
- Production of case study material, including detailed factual business benefits and implementation guidance.
- Implementation of mobile IT on two demonstration projects, in order to evaluate the benefits and barriers successes and failures.
- Guidance on the production of a business case for implementing MCT in construction. This will be in the form of a template that construction parties can use to build up their own business case.
- Reporting to potential users on to the barriers they will have to overcome and detailing best practice implementation methodology with which to overcome these barriers.
- Creation of material for use in Universities to provide construction undergraduates with an insight into Mobile IT

The project, first subsidised has now successfully reached its independence and will continue as private community based on membership. This website is to our knowledge the most documented and developed ones on the subject. The coming discussion on processes is largely based on the COMIT analyses.

USA

One of the biggest consortium debating ICT and the construction sector is “FIATECH”. This non-profit consortium gathers together facility owners, operators, contractors, suppliers, government agencies and government and academic organizations. It focuses on the development and deployment of technologies to improve how capital projects and facilities are designed, engineered, constructed, and maintained. FIATECH develops new technologies and adapts existing technologies from the construction industry, as well as others, while working with the standards

community to accelerate the development of industry-wide standards and guidelines for capital projects. One of their main projects is the creation of a road map (2004-2010), which set up an agenda for further researches and developments, related to ICT. The vision supporting the roadmap is of a highly automated project and facility management environment integrated across all phases of the facility lifecycle. Information should be available on demand, wherever and whenever it is needed to all interested stakeholders. This integrated environment should enable all project partners and project functions to "plug together" their operations and systems. Interconnected, automated systems, processes, and equipment should reduce the time and cost of planning, design, and construction. Scenario-based planning systems and modelling tools should enable accurate evaluation of all options, resulting in the selection of the balance of capability and cost-effectiveness. New materials and methods should reduce the time and cost of construction and extend facility performance, functionality, aesthetics, affordability, sustainability, and responsiveness to changing business demands. This vision is captured in the guiding model for the Capital Projects Technology Roadmap in the figure below (see also <http://www.fiatech.org/projects/roadmap/cptri.htm>). The capital projects industry stands for the industry that executes the planning, engineering, procurement, construction and operation of predominantly large-scale buildings, plants, facilities and infrastructure. This model depicts a completely integrated structure composed of nine critical elements.



The nine elements are:

1. Scenario based project Planning
2. Automated design
3. Integrated and automated procurement and supply network
4. Intelligent and automated construction job site
5. Intelligent self- maintaining and repairing operational facility
6. Real time project and facility management, coordination and control
7. New materials, methods, products and equipment
8. Technology and knowledge enabled workforce
9. Lifecycle data management and information integration

Main related information to our topic is found in

4. Intelligent and automated construction job site

The construction industry lags behind manufacturing and transportation industries in terms of field-level automation. Construction requires information at the field level that is provided by design, engineering, and purchasing functions. Tools for automated information authoring, transfer, and collection have propagated into design, engineering, and purchasing areas, but not into construction field functions.

The advent of these automated information systems in design, engineering, and purchasing has increased the amount of information required to create, transfer, collect and update at the field leadership level, where "field leadership" is defined as construction craft foremen and supervisors up to manager level.

The information delivery and processing in the field has remained traditionally paper-based. Transmission to the field office can be electronic in some cases, but actual presence of information in the field working environment is still predominantly paper-based.

Wireless and display technologies are in their infancy. These devices are necessary to bridge the gap from office-based design and management systems to the field environment. Data collection and analysis systems to process wireless and automated sensory input into meaningful and relevant information for construction leadership have not been developed. While research into these applications and problems has begun in academia, technology suppliers have not begun actual prototype development and testing in field application environments.

The problem for the construction industry is that the information supplied and required at the field level has multiplied, but traditional manual processes are still in effect. The field level application of technology to process this information doesn't exist today, which limits the effectiveness and productivity of all facets of construction execution.

Potential Benefits & Opportunities

The primary benefits of the intelligent and automated construction job site will be significantly reduced construction time and cost, high-fidelity documentation of the as-built facility, reduced errors and rework, improved safety and security, and highly efficient supply of materials and product to the construction job site. The capabilities delivered also will yield significant benefits to upstream engineering and planning functions and the downstream activities associated with startup, commissioning, and operations and maintenance of the capital facility. Specific benefits that impact nearly all business and site operations are cited in the table below.

Feature	Direct Business Benefit
Model-driven, highly sensed job site environment	-Dramatically improves communication between constructors, engineers and suppliers -Delivery of material as needed and reduced costs for

	storage and lost material -Real-time problem identification and fast resolution -Streamlined workflows reduces build time and cost -Reduce of lost/stolen materials, products, tools, and equipment -Elimination of redundant data entry and entry errors
Continuous visibility of performance vs. plan	-Fast identification and accurate scoping of changes and variances -Accurate capture of costs to improve planning and competitiveness for future projects
Automated, highly accurate capture of as-built data fed to Asset Lifecycle Information System	-Reduces schedule slips due to continuously current visualization aids used for engineering constructability in-process -Eliminates cost of "unpleasant surprises" during operational startup -Shortens handover and start-up timelines
Highly visible sequencing and schedules from multiple parallel activities	-Enables increased concurrency of activities to reduce build time
Automatic generation of work orders, resource allocations, and schedule with highly integrated material flow	-Reduces downtime -Reduces time and space requirements for staging and storing material on site -Reduces working capital requirements for held inventory
Technology-enabled workers	-Greatly increases productivity

But these are forecasts, projects have recently started and no results are yet accessible

8. Technology- & Knowledge-enabled Workforce

Workers in all functions of the capital projects enterprise will be enabled by technology that assists them in doing their jobs more effectively. Traditional divisions of labour and skills will be redefined, from the top floor to the trenches, to broaden the capabilities and value of every worker in the emerging team-based project environment. Redefined organizational allegiances and incentives will result in a more stable and reliable labour supply for all of the industry. A "knowledge supply chain" will assure the ready and consistent supply of the right workers with the right skills.

Potential Benefits & Opportunities

Emerging technologies will drive the evolution of new workforce paradigms that transform long-held division of roles. These technologies will empower different types of workers to make full use of captured knowledge, advanced information delivery mechanisms, and next-generation automated systems across the project and facility lifecycle. Tightly integrated workflows enabled by vastly improved project management systems, demand-based resourcing, and total visibility into the job site will significantly reduce the time and cost of construction. Much of the time compression will result from on-demand access to accurate information, and advanced training delivery and task guidance mechanisms. Improved coordination between workers at all levels will enable far more operations to be performed simultaneously rather than sequentially.

Improved tools, equipment, and materials will enable all workers to perform their

tasks faster, easier, and with assured quality and safety. Wearable computers, heads-up displays, wireless communications, and smart tools and equipment will be integrated with site monitoring and control systems. The coordination of stepwise tasks with extremely high efficiency will guide each worker in the task at hand. These systems will assure that tasks are performed correctly, alerting workers to problems and providing on-demand guidance and training as well as assuring that they have the tools, materials, and other resources they need to do their jobs.

The benefits apply to all segments of the industry. Assurance of a properly trained and skilled labour supply should bolster confidence and stability. Improved skills and knowledge empowerment should improve productivity and employment security. Safety, health, and environmental compliance should also be improved. Specific benefits for industry stakeholders are outlined in the table below.

Stakeholder	Specific Benefit
Owner/Operators	Ready supply of skilled and trained workers invested in enterprise success; greatly improved flexibility to respond to changing business requirements.
Architects	Confidence in ability of workforce to execute designs, particularly in complex project environments.
Designers/Engineers	Reduced learning curves for leading-edge tools; higher confidence in ability of workforce to translate designs to reality.
Constructors	Greatly improved skills and labor flexibility; assured compliance with HSE and technical requirements; improved workforce stability.
Material/Equipment/Technology Suppliers	Significant reduction in problems at end user level.

This transformation should be achieved over time through a combination of training, technology implementation, and evolution of business processes to incentive productivity and efficiency. Lifelong learning and ready acceptance of new technology should become the norm across the industry. Workers at all levels should benefit from technologies that assist them in doing their jobs more effectively. The technological transition should drive a gradual transformation of the industry work culture. Committed workers who serve the total interests of the capital project enterprise will replace trades-based, transient workers.

Management of the workforce should shift from mandated practices to embedded practices. Health, safety, and environmental awareness should be engineered into methods, processes, systems, and equipment. Training and education should make proactive use of emerging technologies, providing, interactive multimedia instruction and monitoring to assure compliant practice.

The demand for the new generation of workers should be met by a knowledge supply network. The present system of supply and demand should be augmented by a proactive system that focuses on projected needs by region, company, or skill, and

specifically prepares workers to fill those needs. Government, industry, labour unions, and other stakeholders should work together to assure the ready supply of workers with the right skills and cultural mindset.

Knowledge capture and application is said to be an integral part of the vision. Knowledge management tools should help assure that lessons are truly learned and that well-defined, meaningful best practices are used in all applications. Knowledge-based advisors will assist workers in all segments of the industry in performing their jobs to the optimum. The fulfilment of this project should take 7 years and should cover the following aspects:

Intelligent Maintenance Repository and Agents - Develop a new workforce paradigm that optimizes the ability of different types of workers to make full use of captured knowledge, advanced information delivery mechanisms, and next-generation automated systems for project design, management, construction execution, operations, and lifecycle support.

Projects:

E8-FA1-P1 [Skills Redefinition](#)

E8-FA1-P2 [Worker Evolution](#)

E8-FA1-P3 [Knowledge-based Toolset Definition](#)

E8-FA1-P4 [Collaboration for Workforce Transformation](#)

E8-FA1-P5 [Construction Knowledge Supply Network](#)

E8-FA1-P6 [Construction Knowledge Capture and Application Systems](#)

E8-FA1-P7 [Incentives and Rewards Definition](#)

E8-FA 2: [Technology Training Tools](#)

E8-FA 3: [Professional Development Technologies](#)

E8-FA3-P1 [On-demand Training](#)

E8-FA3-P2 [Interactive Work Instruction](#)

E8-FA3-P3 [Ruggedized Information Delivery Systems](#)

E8-FA3-P4 [Worker Certification and Verification Systems](#)

Then again these very ambitious projects have barely started, so results are only available, in an extremely uneven way. Nevertheless they set an agenda for further developments.

		UK												Frankrig			Belgien
		Comit															
	Software	BRZ GmbH Timekeeping Solution	Impact:Response	Cognito Software Suite	Laing Utilities	E-SAFE 100	Minesotta PDGS	Sybase SQL Anywhere	Sysnet Snagmaster	Snagging v3.0.0.1	Data Mobility Limited	Stent Foundations Limited	MCS Snagging software	Dynalog	ActivTP	Ti@MPChantier	Milleneum
	Kommunikation		Response Building & Maintenance Company: Operations management system	Rosser & Russell Building Services: Værktøj henvendt mod vedligeholdelses ingeniører. SW: Cognito Software Suite	Laing Utilities: Sikkerheds audit	Knowledge Online Ltd: Sikkerhed og sundhed på pladsen.		City of Edmonton: Building inspections	Taylor Woodrow: Registrering af uregelmæssigheder	ASDA: Registrering af uregelmæssigheder	Mace ClearIT: Defect Management, Quality Control	Stent 1 - Wembley Stadium Stent 2 - Kings Cross	OPCO Construction: Registrering af uregelmæssigheder	SAGE Multidevis	Alpssoftware	Azimat SW	ADIIISOFT
	Byggeri	Formænd	Pladsledelse og basisorganisation	Vedligeholdelsesingeniører	Sikkerheds-repræsentanter	Fra kontrollanter til de udførende	Udførende og plads-ledelse	Kontrollanter	Kontrollanter	Pearce Group Ltd	Pladsledelsen	Udførende og pladsledelsen	Pladsingeniør	Især Hoved-entreprenør byggeledelse og Udføre.	Entreprenører		Byggeledelse
Basisorganisation	Arbejdsproces	Arbejdsopgave															
	Integreret værktøj (Projektweb)																
	Ressourcestyring	Økonomi	X	X	X									X		X	X
		Overordnet økonomi														X	
		Timestyring	X	X	X									X		X	X
		Projektstyring														X	X
	Projektmateriale	Tegninger					X										X
		Referater															
		Manualer			X												
	KS	Proces						X	X	X	X	X					
		Produkt			X			X	X	X	X		X				
	Videndeling				X		X	X	X	X	X	X	X				
	Sikkerhed					X											
	Kalkulation													X			X
	Indkøb	Aftaler												X			
		Udfasning af ordrer												X			
Byggeplads	Projekt Management														X		
	Ressourcestyring	Timeregistrering	F	B	B									X		X	X
		Arbejdsordrer													X		
		Område/placering (GPS)		B												X	
		Materialer												X	X	X	X
		Materialiel															
		Kørselsregistrering															
		IT-støtte for LC														X	X
	Proces	Manualer			B												
		Automatiske beregninger										B/H					
		Støde												X	X		
	Projektmateriale	Tegninger					B/H										
		"As-Built"-tegning															
		Dokumenter															
	Kvalitetssikring	Byggeproces						B	B	B	B/F	B/H	B				
		Byggeprodukt - Fejl ved udførsel						B	B	B	B/F						
		Byggeprodukt - Slutkvalitet						B	B	B	B/F		B				
		Modtagekontrol										B/H					
	Videndeling						X	X	X	X	X	X	X				
	Sikkerhed	Sikkerhedsaudit				F/B	F/B										
		Sundhed				F/B	F/B										
		Risici				F/B	F/B										
		Forebyggelse															
	Indkøb	On-site-indkøb															
	Kommunikation	Mobiltelefon															
		Mobil Email				F/B											
		Foto				F/B											
		Audio				F/B											
		Konferencetelefon!!!															
	Opmåling													X			

Forklaring:

Basisorganisation: X
Byggepladsledelsen: B
Formænd: F
Håndværker: H
Alle: A

Byggeproces - manuel registrering: Data indtastes af personel
Byggeproces - digital registrering: Data registreres af computer fx i forbindelse med udgravning

			Finland	USA							Canada	Worldwide			
				Marianne Cotter							Comit				
			BookIT ODM Application	Magnum Drywall	Webcor Builders	Ryland Homes	Turner Construction	FACS	Constructware ASP	Constructware for the Subcontractor	Asta Powerproject	BuildIT Pro	Primavera	Oracle	
			Skanska Finland. Sikkerhed	GPS og løn 2003	Medarbejdere og sikkerhed 2003	Dallas sektion: stude for arbejder, ikke trådløse værktøjer, 2003	Direct Connect: Walkie - og mobiltelefon i et: til konferencesamtaler	Udviklet af ShareChieve LLC. Informationsindsamling og -formidling.	Fra www.constructware.com ASP program til brug for alle byggeriets parter			Mobile Project Management	Project management: Mange forskellige programmer	Project management: Mange forskellige programmer	
			Byggeplads	Byggeledelse	Formænd	Formænd	Byggepaldsledelse	Alle	Henvendt mod entreprenører	Alle aktører i byggeprocessen: Bygherre, Hovedentreprenør, arkitekter, rådgivere, byggeledelse og UE'ere.	Specielt henvendt mod UE'ere	Alle aktører i byggeprocessen: Bygherre, Hovedentreprenør, arkitekter, rådgivere, byggeledelse, UE'ere, samt salg.	Håndværksfirmaer og entreprenører	Alle aktører i byggeprocessen: Bygherre, Hovedentreprenør, arkitekter, rådgivere, byggeledelse og UE'ere.	Byggeledere og administration
			Arbejdsproces	Arbejdsopgave											
			Integreret værktøj (Projektweb)					X	X	X	X	X	X	X	
Basisorganisation	Ressourcestyring	Økonomi		X	X				X	X	X	X	X	X	
		Overordnet økonomi									X	X	X	X	
		Timestyring		X	X				X	X	X	X	X	X	
		Projektstyring				X			X	X	X	X	X	X	
	Projektmateriale	Tegninger				X		X	X	X	X	X	X		
		Referater				X		X	X	X	X	X	X		
		Manualer				X		X	X	X	X	X	X		
	KS	Proces						X	X	X	X	X	X		
		Produkt						X	X	X	X	X	X		
	Videndeling		X			X		X	X	X	X	X	X		
	Sikkerhed		X		X						X	X			
	Kalkulation							X							
	Indkøb	Aftaler												X	
		Udløsning af ordrer							X	X	X			X	
Byggeplads	Projekt Management							B	B	B	B	B	X	X	
	Ressourcestyring	Timeregistrering		F	F			B/F	(B)	(B)	(B)		(X)	X	
		Arbejdsordrer													
		Område/placering (GPS)		F	F			B/F	(B)	(B)	(B)		(X)		
		Materialer						B/F	(B)	(B)	(B)		X	X	
		Materiel							(B)	(B)	(B)		X	X	
		Kørselsregistrering							(B)	(B)	(B)		X		
		IT-støtte for LC						(B/F)	(B)	(B)	(B)		X		
	Proces	Manualer		F				B/F	(B)	(B)	(B)	(B)			
		Automatiske beregninger						B/F							
		Stade				B		B/F	(B)	(B)	(B)	(B)	X		
	Projektmateriale	Tegninger						B/F	(B)	(B)	(B)	(B)		(X)	
		"As-Built"-tegning						B/F							
		Dokumenter						B/F	(B)	(B)	(B)				
	Kvalitetssikring	Byggeproces							(B)	(B)	(B)	(B)	X		
		Byggeprodukt - Fejl ved udførsel									(B)	(B)	(X)		
		Byggeprodukt - Slutkvalitet						B/F			(B)	(B)	(X)		
		Modtagekontrol									(B)	(B)			
	Videndeling		X	X		X		B/F	X	X	X	X	X	(X)	
	Sikkerhed	Sikkerhedsaudit	X		F							(B)			
		Sundhed	X								(B)				
		Risici	X								(B)				
		Forebyggelse	X												
	Indkøb	On-site-indkøb									(B)			(X)	
	Kommunikation	Mobiltelefon													
		Mobil Email						B/F							
		Foto	X												
		Audio													
		Konferencetelefon!!!					A								
	Opmåling														

Forklaring:

Basisorganisation: X
Byggepladsledelsen: B
Formænd: F
Håndværker: H
Alle: A

Byggeproces - manuel registrering: Data indtastes af personel
Byggeproces - digital registrering: Data registreres af computer fx i forbindelse med udgravning