BYG • DTU

Niclas Andersson
Knud Christensen

Location-based Scheduling

Vurdering af LBS-metodens anvendelse i byggeprojekter

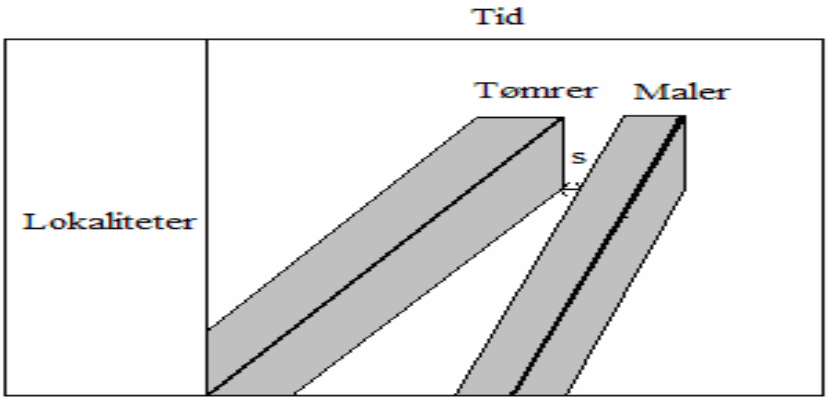
DANMARKS
TEKNISKE
UNIVERSITET

Rapport
BYG • DTU
R-167
2007
ISBN 9788778772411

Location-based Scheduling

Vurdering af LBS-metodens anvendelse i byggeprojekter

Niclas Andersson
Knud Christensen



Department of Civil Engineering
DTU-bygning 118
2800 Kgs. Lyngby
www.byg.dtu.dk

2007

Forord

Denne rapport omhandler Location-based Scheduling, en cyklograbaseret planlægningsmetode der er specielt udviklet til planlægning af byggeprojekter. Rapporten er resultatet af et samarbejdsprojekt mellem BYG*DTU og entreprenørfirmaerne Pihl & Søn, MT Højgaard og NCC. Rapporten tager udgangspunkt i aktuel litteratur indenfor området, men den er også forankret i empiriske undersøgelser, der er gennemført i tre parallelle afgangsprojekter af de studerende Haroon Javad og Zahfran Qayum[1], Søren Holm[2] samt Felix Meeske og Asker Selch Larsen[3].

IT-firmaet Graphisoft har stillet planlægningsværktøjet Control™ 2005 og Control™ 2007 til rådighed for projektet, og Johan Appelqvist og Ville Kyytsönen fra Graphisoft har bistået projektet med deres ekspertise om såvel Location-based Scheduling som Control™ 2005 og 2007.

Den empiriske del af projektet er gennemført i efteråret 2006, og den afsluttende bearbejdning og teoretiske komplettering af rapporten er udarbejdet på BYG*DTU i foråret 2007.

En stor tak til alle de firmaer og studerende, der har bidraget til projektets gennemførelse.

04-07-2007, Lyngby

Niclas Andersson og Knud Christensen

[1] Malik, Z. Q. og Javad, H. K. (2007) *Location-based Scheduling – Planning og procurement in building projects*, MSc thesis, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark

[2] Pedersen, S.H. (2007) *Location-based Scheduling – Planlægning af byggeproduktion*, MSc thesis, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark

[3] Larsen, A S and Meeske, F (2007) *Location-based Scheduling*, MSc thesis, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark

Resumé

Den mest almindeligt anvendte metode til tids- og ressourceplanlægning i bygge- og anlægsprojekter er netværksmetoden CPM (Critical Path Method). CPM har været den dominerende metode, siden den blev introduceret sidst i 1950érne. Gennem årene har den bevist, at den er en meget effektiv metode til tids- og ressourceplanlægning af projekter. Imidlertid er der blevet rejst kritik af CPM-metoden specielt i bygge- og anlægsprojekter, idet den kritiseres for ikke i tilstrækkelig grad at understøtte byggeledelsen under udførelsen og for ikke at skabe et kontinuert og dermed økonomisk flow af ressourcer.

Metoden Location-based Scheduling (LBS) er udviklet med henblik på planlægning og ledelse af arbejdsflows og vil derfor kunne forventes at udgøre et brugbart alternativ til CPM. Selv om LBS har en lang historie og er velfunderet teoretisk, har metoden generelt ikke haft stor interesse i byggeindustrien. Udover de resultater, der foreligger i form af teoretiske forskning, er der stadig kun begrænset viden om LBS-metodens anvendelsesmuligheder i praksis. En mulig forklaring på metodens begrænsede udbredelse kan være, at der ikke har været et brugervenligt IT-baseret planlægningsværktøj til brug for LBS-metoden. Men, et IT-værktøj, Control™, som tager udgangspunkt i lokalitetsbaseret planlægning (LBS), er nu blevet uviklet, og det er blevet introduceret på det internationale marked i 2003.

Den foreliggende rapport opsummerer resultater af anvendelsen af LBS og planlægningsværktøjet Control™ på tre boligbyggerier under opførelse i 2006. Formålet har været at vurdere resultatet af at anvende LBS på byggepladsen. Undersøgelsen konkluderer i overensstemmelse med udtalelser fra byggeledelsen på de pågældende byggeprojekter, at de vigtigste fordele ved at anvende LBS er et forbedret overblik over tidsplanen, et klarere fokus på arbejdsflowet og et bedre grundlag for projektkontrol.

Summary

The coordination of activities and resources in order to establish an effective production flow is central to the management of construction projects. The traditional technique for coordination of activities and resources in construction projects is the CPM-scheduling, which has been the predominant scheduling method since it was introduced in the late 1950s. Over the years, CPM has proven to be a very powerful technique for planning, scheduling and controlling projects, which among other things is indicated by the development of a large number of CPM-based software applications available on the market. However, CPM is primarily an activity based method that takes the activity as the unit of focus and there is criticism raised, specifically in the case of construction projects, on the method for deficient management of construction work and continuous flow of resources. To seek solutions to the identified limitations of the CPM method, an alternative planning and scheduling methodology that includes locations is tested.

Location-based Scheduling (LBS) implies a shift in focus, from primarily the activities to the flow of work through the various locations of the project, i.e. the building. LBS uses the graphical presentation technique of Line-of-balance, which is adapted for planning and management of work-flows that facilitates resources to perform their work without interruptions caused by other resources working with other activities in the same location. As such, LBS and Lean Construction share the idea of creating a continuous resource usage with a minimum of waiting time and the avoidance of work disturbance. Even though LBS has a long history and is well-grounded theoretically, it has gained generally little attention in the construction industry. Besides the theoretical research available on LBS, some studies report on the application of LBS, but the empirical data on the practical implications of LBS must still be regarded limited.

This study rests upon three case studies of residential projects carried out in Denmark in 2006. The purpose is to test and evaluate the practical implications of LBS when applied on site. The study concludes, with emphasis from the site management involved, that improved schedule overview, establishment of work-flows and improved project control constitute the three most important implications of LBS.

Indholdsfortegnelse

1 Indledning 1

1.1 Baggrund 1

1.2 Hypotese og formål 2

1.3 Empirisk afgrænsning, tidsrammer og budget 2

1.4 Gennemførelse og organisation 3

1.5 Forventet resultat 4

2 Om Location-based Scheduling 5

2.1 Planlægningsprincippet ved LBS 5

2.2 Identificering af lokaliteter – arbejdsområder 6

2.2.1 Projektets lokalitetsstruktur 6

2.2.2 Nogle typiske og atypiske eksempler på lokalitetsniveauer 8

2.2.3 Afsluttende kommentar til projektets lokalitetsopdeling 10

2.3 Aktivitetskoblinger – logiske og lokalitetsbaserede koblinger 11

2.3.1 De traditionelle logiske aktivitetsbindinger 11

2.3.2 Lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger 12

2.3.3 Afsluttende kommentar til lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger 14

2.4 Produktionsflow – strømning af aktiviteter og ressourcer 15

2.5 Råderumszoner 18

3 Praktiske erfaringer med LBS-metoden 21

3.1 Erfaringer med kopiering af den oprindelige CPM-plan 21

3.2 Forbedret version af LBS-planen 24

3.3 Forbedret overblik over tidsplanerne 26

3.4 Etablering af arbejds- og ressourceflow 26

3.5 Planlægning af indkøb og leverancer 26

3.5.1 Et praktisk eksempel på indkøbs- og leveranceplanlægning 27

3.6 Forbedret projektkontrol 28

3.6.1 Erfaringer fra delprojektet indenfor kvalitets- og betalingsstyring 29

4 Konklusion 37

5 Referencer 39

Bilag 41

1 Indledning

1.1 Baggrund

I de senere år er udviklingen af den danske byggeindustri præget af forandringer i byggeriets organisation og produktionsprocesser. Lean-filosofien har vundet udbredelse som et middel til forbedring af ledelsen af produktionen på byggepladsen. Indførelsen af Lean-konceptet i byggesammenhæng - altså Lean Construction - gør op med de sædvanlige metoder til planlægning og styring af byggeprojekter, idet der fokuseres på byggeri som en produktion, hvor ressource-flow bliver til et nøglebegreb i planlægningen. Denne ledelsesform er imidlertid udviklet med udgangspunkt i traditionel, løbende, industriproduktion, der karakteriseres af, at produktionen er stationært lokaliseret til et bestemt sted. Det omvendte forhold er gældende i den projektbaserede byggeproduktion, hvor hele produktionsapparatet flyttes til det sted, hvor produktet skal bruges. Dette giver yderligere en dimension til planlægningen af byggeproduktion, nemlig lokaliteten. Location-Based Scheduling (LBS) er en planlægningsmetode, der tager højde for aktiviteternes lokalitet, dvs. hvor på byggepladsen produktionen af aktiviteterne skal udføres. LBS giver også mulighed for at tydeliggøre produktionens ”flow”, dvs. hvordan ressourcer og aktiviteter fordeles over bygningens forskellige dele.

LBS har været kendt i den danske byggebranche i mange år under navnet ”Cyklogram”, således udgav Statens Byggeforskningsinstitut allerede i 1972 en SBI-anvisning ”Cyklogram som arbejdsplan” (Nielsen 1972), hvor metoden beskrives. Metoden fik imidlertid ikke stor udbredelse i praksis. Dette skyldes formentlig til dels, at man, som navnet cyklogram antyder, mente, at denne metode primært egnede sig til projekter, der indebar cykliske arbejdsopgaver – det vil sige gentagne ensartede aktiviteter. Samtidig var der en konkurrence fra andre planlægningsteknikker - dels de umiddelbart forståelige stavdiagrammer (Gantt Chart), og dels netværksteknik med slagkraftige IT-baserede beregningsprogrammer (CPM, PERT). Man kan godt sige, at LBS-metoden gik lidt i glemmebogen.

I nærværende rapport karakteriseres LBS, som foreslået af Kenley (2004), som en planlægningsmetode, der kan anvendes i byggeprojekter med aktiviteter, der gentages i varierende mængder i flere lokaliteter, og som er grafisk repræsenteret ved et Flow-line diagram.

Litteraturen om LBS omhandler dels teoretiske overvejelser, hvilket udgør den største del, dels praktiske erfaringer med hensyn til brugen af LBS i praksis. Den teoretiske del handler typisk om simulation eller udvikling af algoritmer og afprøvning af software – f.eks. optimering af ressourceudjævning med henblik på tidsbesparelse og modeller for indlæringskurver (f.eks. Kang *et.al.* 2001, Arditi *et.al.* 2001). En underliggende opfattelse i denne type arbejde er, at LBS alene er et værktøj, der er anvendeligt i forbindelse med projekter med mange ens arbejdsprocesser (f.eks. højhuse eller veje). De teoretiske arbejder giver et solidt fundament for LBS-metoden, men de afslører ikke, hvorvidt LBS imødekommer de krav, der stilles til byggepladsens planlægning og kontrol i andre typer projekter (Soini *et.al.* 2004).

Kenley (2004), Kankainen og Seppänen (2003) og andre finske forskere har bidraget til forståelsen af anvendelse af LBS i praksis og rapporterer om erfaringer med brugen af

software-pakken DynaProject som et praktisk værktøj til hjælp for kontrollen på byggepladsen.

I litteraturen præsenteres også argumenter for, at LBS udgør et praktisk værktøj, der understøtter brugen af Lean-tankegangen. Kenley (2004) mener, at LBS understøtter projektplanlægning og styring af et kontinuerligt arbejds-flow, Supply Chain Management og Just-in-Time leverancer, som udgør grundlæggende elementer i Lean Construction. Mendez og Heineck (1998) redegør for en planlægningsproces, hvor aktiviteter, der er afhængige af hinanden, sættes sammen til hovedaktiviteter, for disse beregnes ressourcebehovet, således at produktionshastigheden for hovedaktiviteterne afbalanceres mod hinanden. Kankainen og Seppänen (2003) tilføjer diskussionen om, hvordan aktiviteter, der er afhængige af hinanden, slås sammen på et hovedtidsplans-niveau, og hovedaktiviteterne internt balanceres i relation til produktionshastighed, arbejdsområder, og kontinuitet. Hovedtidsplanens hovedaktiviteter deles op i mindre enheder i den detaljerede planlægning. Kankainen og Seppänen (2003) bidrager til argumenterne for, at LBS understøtter Lean-filosofien.

Nærværende undersøgelse søger at bidrage til forståelsen af LBS, når metoden anvendes af byggeledelsen på typiske byggeprojekter - dvs. den vil vurdere de praktiske konsekvenser af LBS. Vurderingen tager udgangspunkt i de planlægnings- og styrings-problemer, man står over for i det aktuelle projekt, og søger at vurdere, om den fordel man opnår gennem LBS-planlægningen, modsvares af de ressourcer, der anvendes i selve planlægningsprocessen.

1.2 Hypotese og formål

Den grundlæggende hypotese i dette projekt er, at LBS rummer nogle væsentlige fordele frem for de traditionelle planlægningsmetoder, idet LBS i højere grad gør det muligt at lægge vægt på lokalitets- og ”flow”-aspekterne i forbindelse med planlægning og styring af produktionen.

Det grundlæggende formål i projektet er at afprøve mulighederne for at benytte LBS i forbindelse med produktionsplanlægning af byggeprojekter. For at afgøre, hvorvidt LBS udgør en velegnet metode i praksis, vurderes metoden især i forhold til de tre centrale spørgsmål:

- Giver metoden planlæggeren et godt grundlag for analyse og optimering af planen?
- Er planen umiddelbar forståelig og egnet som grundlag for kommunikation mellem de implicerede parter i projektet?
- Udgør planen et velegnet udgangspunkt for kontrol og styring af projektforløbet?

1.3 Empirisk afgrænsning, tidsrammer og budget

Projektet omhandler projektplanlægning med fokus på Location-based Scheduling. Begrebet projektplanlægning henviser til tids- og ressourceplanlægning af bygge-projekter under produktionsfasen. Projektet begrænses til empirisk undersøgelse af tre boligbyggeri-projekter, altså tre forskellige cases, hvoraf et er et renoveringsprojekt, og to er nybyggerier.

Tre aktuelle hovedtemaer indenfor produktionsplanlægningsområdet er identificerede på forhånd, og det er valgt at fokusere på et af disse i hvert af de tre cases. Der er således tre delprojekter indenfor det samlede hovedprojekt. De tre valgte hovedtemaer er:

- Indkøb og leverancer
- Produktionsplanlægning
- Kvalitets- og betalingsstyring

Formålet med delprojektet ”Indkøb og leverancer” er at vurdere, hvordan LBS kan benyttes til planlægning og styring af materialeleverancer, især med hensyn til indkøbs- og leveranceplanlægningen (logistik på byggepladsen). I delprojektet indgår at beskrive, hvordan indkøbsarbejdet organiseres, og hvordan kritiske leverancer kan planlægges i forhold til produktionsplanlægningen.

Formålet med delprojektet ”Produktionsplanlægning” er at vurdere, hvordan LBS kan understøtte produktionsstyringen med hensyn til den overordnede produktionstidsplan og de detaljerede 5- og 1- ugers tidsplaner. Delprojektet undersøger blandt andet, hvordan LBS kan understøtte formidling af planlægningsinformationen internt i projektet og i denne sammenhæng, hvordan LBS fungerer sammen med Last Planner System.

Delprojektet ”Kvalitets- og betalingsstyring” søger at vurdere, hvordan LBS kan understøtte tilsynsfunktionen i et byggeprojekt, især med hensyn til kvalitetskontrol og produktionsopfølgning (f.eks. Earned Value). Aktuelle spørgsmål er at undersøge, hvordan kritiske områder i byggeprojektet kan identificeres, hvordan resultatet af kvalitetskontrollerne kommunikeres i projektet, og hvordan LBS kan understøtte vurdering og måling af produceret mængde.

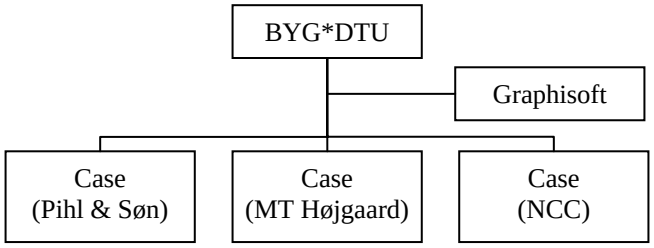
Hovedprojektet er initieret i september 2006 og forventes afsluttet og rapporteret i løbet af et år. Der er ikke ansøgt om eksterne økonomiske midler til projektet.

1.4 Gennemførelse og organisation

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem BYG*DTU og entreprenørfirmaerne Pihl & Søn, MT Højgaard og NCC, se Figur 1. De tre deltagende virksomheder har udpeget tre egnede byggepladser og bidraget til formuleringen af de tre hovedtemaer og andre relevante undersøgelsesspørgsmål i deres respektive byggeprojekter.

Det praktiske arbejde med dataindsamling og afprøvning af LBS har i vid udstrækning kunnet gennemføres i forbindelse med DTU-studerendes afgangsprojekter.

BYG*DTU har koordineret gennemførelsen, vejledt de studerende, forankret det empiriske data i aktuel litteratur og sammenfattet erfaringerne i nærværende rapport.



Figur 1: Projektets parter

Interessen for anvendelse af LBS har bevirket, at der er udviklet et IT-værktøj, Control™ 2005, som BYG*DTU har fået stillet til rådighed for forskning og undervisning i foreløbig et år. Planlægningsværktøjet Control™ 2005 udvikles og markedsføres af IT-firmaet Graphisoft.

1.5 Forventet resultat

Resultaterne fra de enkelte delprojekter samles og danner grundlag for denne sammenfattende rapport. Rapporten udgør det overordnede formål for det samlede projekt.

Rapporten stilles til rådighed for de deltagende virksomheder, men publiceres også som en rapport på BYG.DTU´s hjemmeside. Rapporten tænkes efterfølgende at danne grundlag for udarbejdelse af undervisningsmateriale.

Resultaterne publiceres også som en videnskabelig artikel ved ”CME25: Construction Management and Economics: past, present and future”, en international konference i Reading UK i juli 2007.

2 Om Location-based Scheduling

Det følgende afsnit redegør for den grundlæggende teori og planlægningsmetode ved Location-based Scheduling. Redegørelsen definerer nogle centrale begreber og beskriver den grundlæggende planlægningsproces.

2.1 Planlægningsprincippet ved LBS

Planlægningsprincippet ved LBS ligner i bund og grund den traditionelle CPM-baserede planlægning. Den overordnede idé er:

- Planen skal sikre, at projektets mål kan opnås indenfor de tids-, ressource- og kvalitetsmæssige rammer, der er gældende for projektet.
- Planen fungerer som et kort over projektet, der viser den planlagte vej fra start til mål.
- Planen fungerer som et grundlag for analyser og beslutninger vedrørende valg af produktionsmetoder, materialer og materiel og andre ressourcer.
- Planen fungerer som et kommunikationsinstrument, der formidler produktionsforløbets opbygning - hvad der skal gøres på hvert bestemt tidspunkt, hvilke ressourcer der skal benyttes, og i hvilken rækkefølge arbejdet skal udføres.
- Planen giver et grundlag for opfølgning af den realiserede fremdrift af projektet og dermed også et grundlag for identificering af mulige afvigelser og disses konsekvenser.

Alle disse krav til planlægningen er de samme uafhængig af den valgte planlægningsmetode, men måden at møde kravene er forskellig.

LBS og CPM baserer sig begge på de grundlæggende planlægningselementer - aktiviteter, ressourcer og bindinger mellem aktiviteterne. LBS benytter sig også af den tidsanalyse (netværksanalyse), der i CPM-metoden ligger til grund for beregning af den kritiske sti og aktiviteternes frie og totale slæk. Men disse typiske CPM-begreber mister deres funktion i LBS-metoden, og i stedet introducerer LBS-begreberne: lokalitet, kritisk råderumszone, nærpunkt, lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger, ressourceflow og andre specifikke planlægningsbegreber.

Den principielle forskel mellem den traditionelle CPM-metode og LBS er, at CPM-metoden tager udgangspunkt i aktiviteterne og deres logiske bindinger til hinanden, medens LBS-metoden i højere grad tager udgangspunkt i ressourcerne og deres ”flow” gennem projektet. I CPM-metoden betragtes aktiviteterne som afgrænsede elementer, der kan kobles sammen og analyseres i et logisk netværk. På baggrund af CPM-metodens fokusering på aktiviteterne, kategoriseres metoden som en ”aktivitetsbaseret planlægningsmetode”.

LBS er i forhold til CPM en ”ressourceorienteret planlægningsmetode”, hvor ressourcernes strømning eller flow gennem projektet er en central del af planlægningen. Et velfungerende flow betyder, at ressourcerne i de enkelte aktiviteter flyder jævnt igennem projektets forskellige dele, dvs. projektets forskellige lokaliteter. I LBS tilføjes altså en geografisk lokalisering af projektets aktiviteter. Herved opnås der en identifikation af, hvor og hvornår aktiviteterne skal gennemføres, og det bliver muligt at optegne LBS-metodens typiske ”tid/sted-diagram”, eller ”Flow-line” diagram, som er

LBS-metodens grafiske fremstilling. I Flow-line diagrammet er den lodrette stedakse inddelt i projektets fysiske lokaliteter, og den vandrette akse angiver projektets tidsmæssige forløb. Aktiviteterne og deres forløb afbildes på denne måde som skrå streger, hvor hældningen angiver den arbejdsintensitet, hvormed aktiviteterne gennemføres, og afstanden mellem aktivitetsstregerne viser afstanden mellem aktiviteterne henholdsvis tids- og stedmæssigt - de såkaldte ”råderumszoner”.

Ved planlægning med LBS bliver det således muligt visuelt at konstatere, hvorvidt aktiviteterne danner et jævnt og harmonisk flow med anvendelse af et givent ressourceforbrug. Det bliver derfor muligt at tage udgangspunktet i de ressourcer, der skal udføre aktiviteterne, og sikre, at disse får en jævn arbejdsgang med nogenlunde jævn arbejdsbelastning, samtidig med at det kan sikres, at de forskellige teams rent fysisk kan komme til og ikke går i vejen for hinanden.

Der er således ligheder, men også grundlæggende forskelle, mellem den traditionelle CPM-metode og LBS-metoden. De efterfølgende afsnit giver en lidt mere dybtgående redegørelse for nogle af LBS-metodens grundlæggende begreber, nemlig lokaliteter, lokalitetsbaserede koblinger, produktions-flow og råderumszoner.

2.2 Identificering af lokaliteter – arbejdsområder

Identificering af projektets lokaliteter eller arbejdsområder er ikke en obligatorisk del af den traditionelle aktivitetsorienterede planlægning, men er et helt centralt element i LBS-metoden. I LBS-planen vises projektets hierarkiske lokalitetsstruktur (f.eks. bygning – etage – lejlighed – rum), og hver aktivitet i tidsplanen planlægges ud fra et lokalitetstilhørsforhold. Aktiviteternes lokalitetstilhørsforhold er koblet til deres interne koblinger (dvs. den rækkefølge af lokaliteter hvori den pågældende aktivitet skal udføres) og til koblingerne mellem forskellige aktiviteter. Dette indebærer en stor forskel i forhold til den traditionelle CPM-baserede planlægning, som udelukkende håndterer logiske koblinger. Lokalitetsstrukturen påvirker også den måde, tidsplanen præsenteres på - altså den grafiske fremstilling af aktiviteterne i en LBS-tidsplan. Men selvom lokaliteterne er en vigtig del af LBS-planen, savnes der en entydig og veldefineret teori eller metode for, hvordan opdelingen i lokaliteter gøres mest optimal for et givent projekt.

2.2.1 Projektets lokalitetsstruktur

Projektets fysiske dele og geografiske områder samt det arbejde, der skal udføres på pladsen, danner udgangspunkt for hvordan projektets lokalitetsstruktur udformes. Projektets lokaliteter ordnes i en hierarkisk struktur, som kaldes Location Breakdown Structure (LBS). Denne hierarkiske struktur kan sammenlignes med den Work Breakdown Structure (WBS), der bruges til strukturering af projektet i traditionel CPM eller aktivitetsbaseret planlægning. Logikken i opbygningen af lokalitetsstrukturen er den, at summen af lokaliteterne på et lavere niveau modsvarer en lokalitet på et højere niveau. Figur 2 viser en hierarkisk lokalitetsstruktur, der er opdelt på niveauerne Projekt – Etage – Lejlighed – Rum.

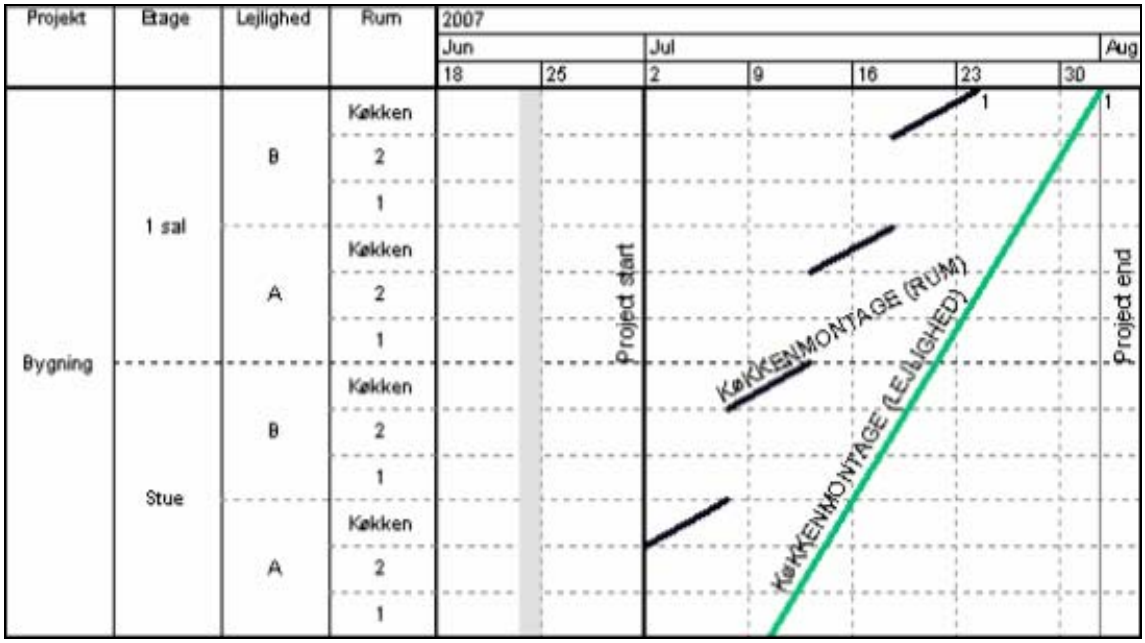
Projektets lokalitetsstruktur kan indeholde et antal hierarkiske lokalitetsniveauer, dvs. en opdeling af projektets lokaliteter i forskellige detaljeringsgrader. De hierarkiske lokalitetsniveauer identificeres/defineres med udgangspunkt i projektets forskellige aktivitetstyper eller snarere aktivitetstypernes indgående ressourcer i form af materialer og arbejdsgrupper. Grundprincippet i LBS er, at alle aktiviteter kan kobles til et

lokalitetsniveau, og at dette niveau bestemmes ud fra aktivitetstypen og de tilsvarende ressourcer.

En logisk konsekvens af det ovenstående (dvs. at lokalitetsopdelingen baseres på aktivitetstyperne) burde være, at detaljeringsniveauet i den hierarkiske lokalitetsstruktur påvirkes af, hvor detaljeret (opdelt) aktiviteterne er definerede. Hvis denne konklusion var rigtig, skulle overordnede aktiviteter medføre en tilsvarende overordnet lokalitets-opdeling af projektet, medens en detaljeret 1-uge eller 5-ugers tidsplan ville kræve en langt mere detaljeret lokalitetsstruktur. Men dette er ikke nødvendigvis gældende, fordi det er aktiviteternes ressourcer (dvs. materiale- og personaleressourcer), der er styrende for lokalitetsopdelingen. Logisk set indeholder detaljerede og overordnede aktiviteter den samme mængde og type af ressourcer som den ikke detaljerede, og derfor er lokalitetsstrukturens detaljeringsgrad uafhængig af, hvor detaljeret aktiviteterne er defineret.

De enkelte aktiviteters materiale- og personaleressourcers betydning for lokalitets-opdelingen kan udtrykkes i tre spørgsmål. Spørgsmålene illustrerer selve tankegangen og de overvejelser, der gøres, i forbindelse med fastlæggelsen af lokalitetsniveauet for den enkelte aktivitet.

- Hvilken er den mindste lokalitet, hvor aktiviteten gentages i projektet?
- Hvilken er den mindste lokalitet, hvorpå materialeressourcerne for den aktuelle aktivitet kan fordeles?
- Hvilken en den største lokalitet, hvor der kun er plads for udførelse af den aktuelle aktivitet, dvs. hvor der ikke kan foregå andre aktiviteter samtidig?



Figur 2: Aktiviteten "Køkkenmontage" planlagt på et rums- respektive lejlighedsniveau.

For eksempel så udgøres materialeressourcerne i aktiviteten "Køkkenmontage" af selve køkkenelementerne, og den mindste lokalitet, hvor køkkenerne fordeles i projektet, er på lejlighedsniveauet, dvs. der er kun et enkelt køkken pr lejlighed. Man kan også forestille sig, at man vælger at fordele køkkener på det lavere rum-niveau, hvilket indebærer, at der er nul køkkener i alle rum undtaget i selve lokaliteten køkken.

Spørgsmålet om, hvad der er den største lokalitet, hvor der kun er plads for ”Køkken-montage”, refererer til arbejdsressourcerne og kan besvares med, at der ikke kan foregå andre aktiviteter i lokaliteten køkken samtidig med køkkenmontagen. Ifølge arbejds-ressourcerne har aktiviteten køkken altså en lokalitetstilknytning på et rum-niveau. Er det så rum- eller lejlighedsniveauet, der svarer til køkkenmontage-aktivitetens lokalitets-tilknytning? Planlægningsmæssigt fungerer begge lokalitetsniveauer, men valget af lokalitetsniveau har betydning for, hvordan LBS-tidsplanen ser ud. Figur 2 viser, hvordan aktiviteten ”Køkkenmontage” ser ud i tidsplanen, når den er planlagt på et rum-niveau respektive et lejlighedsniveau.

Det indledende spørgsmål, der drejer sig om den mindste lokalitet, hvor aktiviteten gentages i projektet, udgør grundlaget for den interne lokalitetsrækkefølge for den enkelte aktivitet, dvs. den rækkefølge af lokaliteter, hvor aktiviteten skal gentages. Det er aktivitetens såkaldte ”interne kobling”, der angiver rækkefølgen af lokaliteter for den enkelte aktivitet. Aktivitetens interne koblinger angiver således, hvordan ressourcerne bevæger sig mellem lokaliteterne. I eksemplet med køkkenmontage, der er vist på Figur 2, angiver den interne kobling for aktiviteten (der er planlagt på rum-niveauet), at montagearbejdet skal starte i rummet ”køkken”, i lejlighed A, i stueetagen, og derefter går ressourcerne videre til køkkenet i lejlighed B, i stueetagen. Lokalitetsrækkefølgen for den køkkenmontageaktivitet, der er planlagt ud fra et lejlighedsniveau, se Figur 2, angiver på tilsvarende måde, at arbejdet starter i lejlighed A i stueetagen, og derefter fortsætter ressourcerne over i lejlighed B, i stueetagen.

Det spørgsmål, der handler om at finde det lokalitetsniveau, som er begrænsende for arbejdsressourcerne i den aktuelle aktivitet, er styrende for aktivitetens eksterne kobling til foregående og efterfølgende aktiviteter på et hierarkisk niveau. Læse mere om lokalitetsbaserede koblinger i afsnit 2.3 nedenfor.

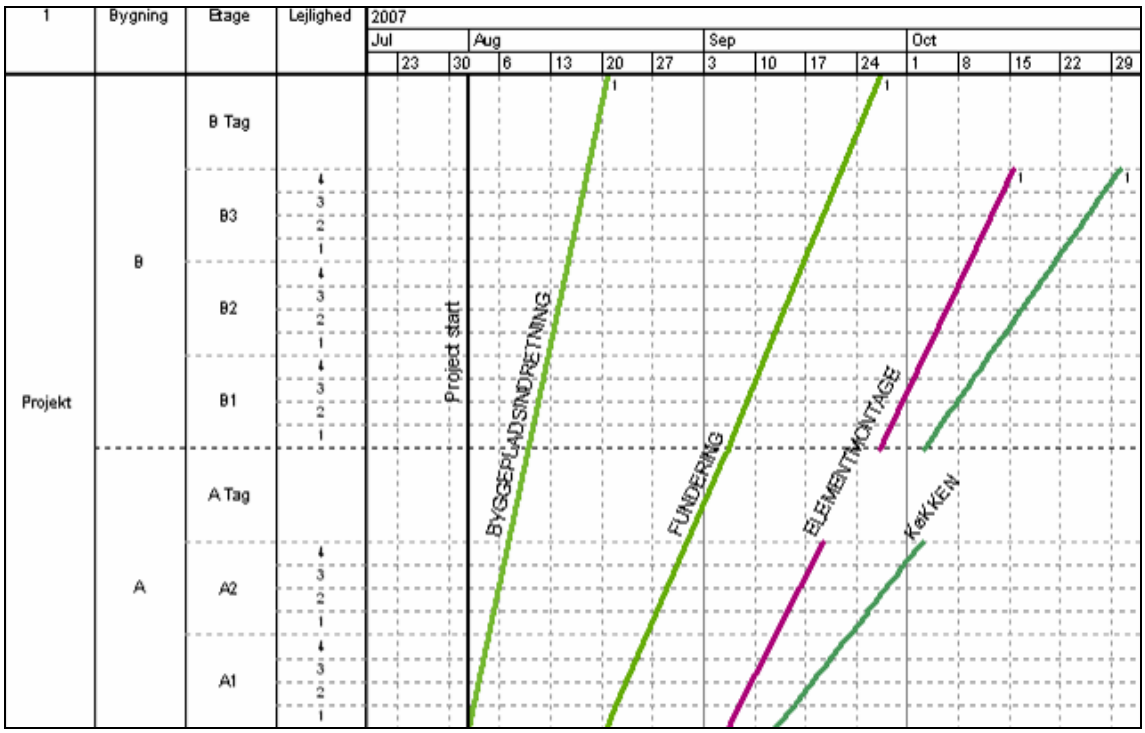
2.2.2 Nogle typiske og atypiske eksempler på lokalitetsniveauer

Som nævnt ovenfor bestemmes niveauerne i lokalitetsopdelingen ud fra de aktivitets-typer, der forekommer i projektet. Nogle aktiviteter forekommer på et overordnet projektplan og bliver som følge heraf planlagt på et overordnet lokalitetsniveau, medens andre aktiviteter har et lokalitetstilhørsforhold på et mere detaljeret niveau. Figur 3 viser en simpel LBS-tidsplan med fire aktiviteter der repræsenterer fire forskellige hierarkiske lokalitetsniveauer, nemlig projekt-, bygnings-, etage- og lejlighedsniveauet.

Aktiviteten ”Byggepladsindretning” repræsenterer en type af aktiviteter, der har et lokalitetstilhørsforhold til hele projektet på et overordnet niveau. Det er karakteristisk for denne type aktivitet, at de ikke gentages på forskellige lokaliteter i projektet, eller at de pågældende byggematerialer ikke er tilknyttet en enkelt fysisk lokalitet i projektet men tilhører hele projektet.

En aktivitet på et mere detaljeret hierarkisk niveau, f.eks. ”Fundering”, kan typisk kobles til lokalitetsniveauet ”Bygning” (der er underordnet det overordnede projekt-niveau). Karakteristisk for denne type aktiviteter er, at de gentages i hvert element i lokalitetsniveauet ”Bygning”, dvs. Bygning A og B som vist på Figur 3. De tilsvarende byggematerialer (fundamenter) fordeles typisk på projektets forskellige bygninger. På tilsvarende måde planlægges aktiviteten ”Elementmontage” på etageniveau, hvilket følger af at ressourcerne (elementerne) typisk fordeles på etageniveau, og at arbejdet foregår på en etage ad gangen.

Afslutningsvis planlægges aktiviteten ”Køkken” på et lejlighedsniveau, fordi der skal monteres et køkken pr lejlighed. Eksemplet, der refererer til Figur 2, giver en mere dybtgående diskussion om køkkenaktivitetens lokalitetstilhørsforhold.



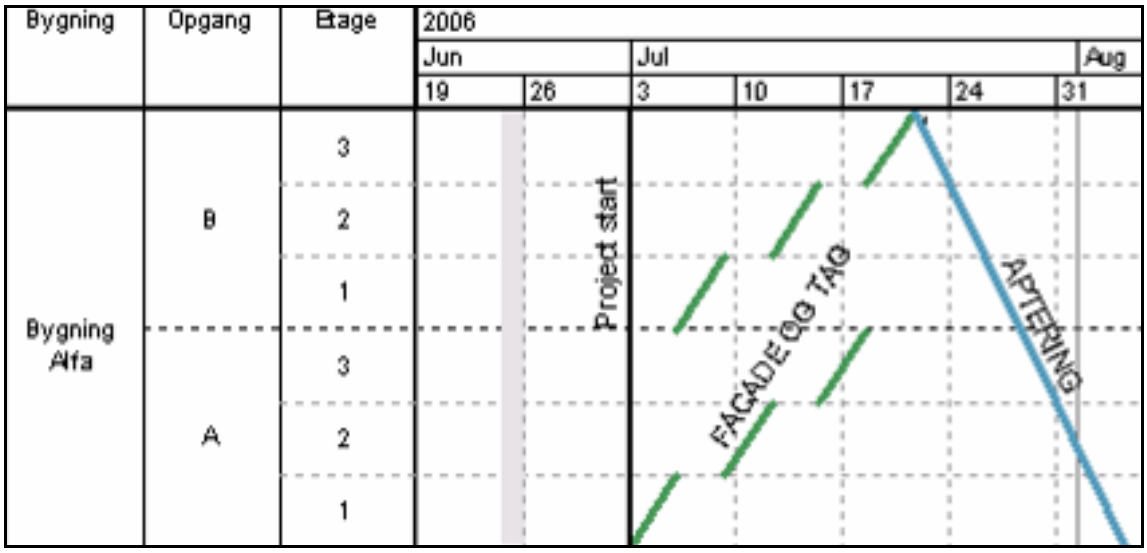
Figur 3: Eksempel på en lokalitetsopdeling i fire hierarkiske niveauer

En lokalitet afgrænses altså typisk af projektets fysiske enheder, f.eks. rum, lejlighed, etage. Men en lokalitet kan også defineres som en frit afgrænset del af en lokalitet. En sportshal eller et andet lignende lokale kan f.eks. deles op i et antal sektioner, hvor hver sektion udgør en selvstændig lokalitet. Begrundelsen for at dele en fysisk lokalitet op i ”virtuelle” sektioner kan f.eks. være, at lokaliteten er stor nok til, at flere aktiviteter kan foregå samtidig.

Lokaliteten ”Mark” er et andet lidt atypisk lokalitetseksempel. Til lokaliteten mark (dvs. markarealet rundt omkring selve bygningen eller bygningerne i projektet) kobles aktiviteter såsom bilveje, gangstier, parkeringspladser, græsarealer, men også udgravning for vand-, el-, telefon- og kloakforbindelser.

Andre eksempler på lidt atypiske lokaliteter er opgange, installationsskakte og lignende lokaliteter, der går på tværs gennem projektets fysiske dele. Begrundelsen for at definere og anvende denne type tværgående lokalitet er, at det viser den rækkefølge af lokaliteter, hvor aktivitetens ressourcer bevæger sig gennem hele projektet. En problemstilling, der kan opstå i denne sammenhæng, forekommer, hvis den tværgående opgangslokalitet skal være overordnet etageniveauet eller omvendt.

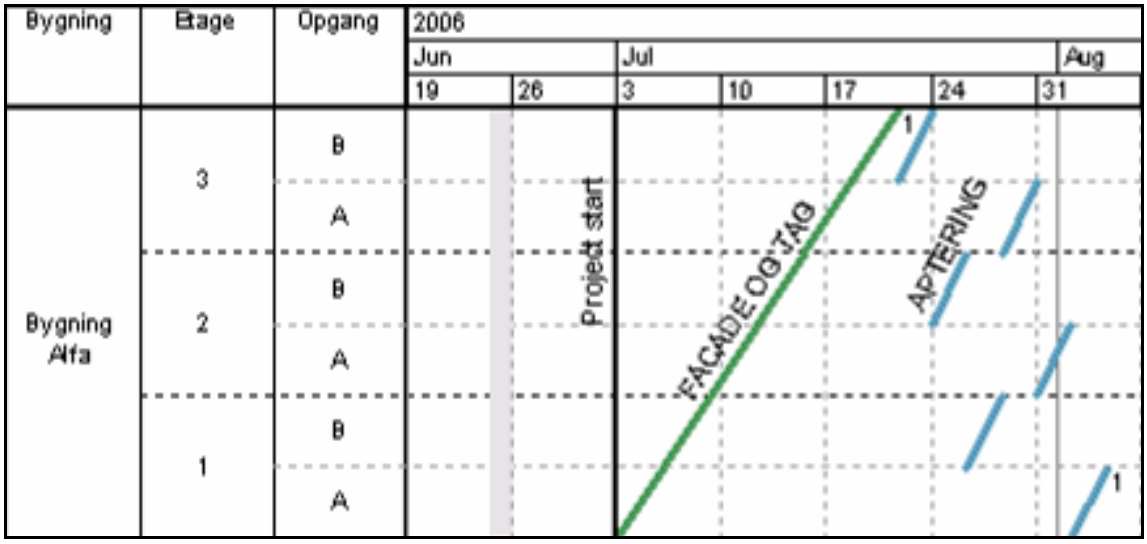
Figur 4 og Figur 5 viser en tidsplan med de to aktiviteter ”Facade og tag” og ”Aptering”. Facade og tag er koblet til lokalitetsniveauet etage med en intern kobling, der siger, at etage 1 skal gøres klar før etage 2, som herefter skal gøres klar før etage 3. Aktiviteten ”Aptering” er koblet til lokalitetsniveauet ”Opgang” med rækkefølgen opgang B før opgang A med start på etage 3, dvs. hele apteringsarbejdet skal gøres færdig i en opgang, før arbejdet går videre til næste opgang. Aktiviteterne er koblet sammen med en ekstern kobling, som siger, at hele ”Facade og tag” skal gøres færdig, før den efterfølgende aktivitet ”Aptering” kan starte.



Figur 4: Lokalitetsstruktur hvor opgangsniveauet er overordnet etageniveauet

Figur 4 og Figur 5 illustrerer et eksempel på, at tidsplanen i det samme projekt kan se forskellig ud, afhængig af om opgangslokaliteten er overordnet etageniveauet, eller om etageniveauet vælges at være overordnet opgangsniveauet. I dette simple eksempel viser det sig, at begge aktiviteter bliver splittet op, når lokalitetshierarkiet skiftes.

Hvilken lokalitetsstruktur, der er mest hensigtsmæssig, er en personlig vurdering, men de fleste vil nok mene, at det er mest hensigtsmæssigt at vælge den lokalitetsstruktur, som giver den største andel af grafisk set sammenhængende aktiviteter. Hvis en majoritet af aktiviteterne har et lokalitetstilhørsforhold på etageniveauet, vil det altså være mest hensigtsmæssigt, at dette niveau er overordnet opgangsniveauet. Bemærk at aktiviteterne, og dermed også arbejdsflowet, er kontinuerligt for begge aktiviteter i begge tilfælde, dvs. både i Figur 4 og Figur 5. Det er den grafiske fremstilling og dermed tidsplanens læsbarhed, der påvirkes.



Figur 5: Lokalitetsstruktur hvor etageniveauet er overordnet opgangsniveauet

2.2.3 Afsluttende kommentar til projektets lokalitetsopdeling

I det foregående afsnit argumenteres altså for, at lokalitetsopdelingen i en LBS-planlægning skal tage udgangspunkt i projektets aktiviteter og i de ressourcer, der er allokeret til disse, og at en lokalitet bestemmes ud fra projektets (bygningens) fysiske

dele. At lokalitetsopdelingen tager udgangspunkt i aktiviteter og ressourcer indebærer, at valg af produktionsmetode/teknologi har betydning for lokalitetsopdelingen.

Det konstateres videre, at i princippet har alle aktiviteter et bestemt lokalitetstilhørsforhold i projektets hierarkiske lokalitetsstruktur. Den eneste undtagelse fra denne regel er de aktiviteter, der ikke gentages i projektet, dvs. de aktiviteter der ikke gentages på forskellige lokaliteter og dermed savner et flow gennem projektet. Disse aktiviteter kan enten kobles til projektets overordnede lokalitetsniveau eller helt fjernes fra Flow-line diagrammet og i stedet for planlægges i det traditionelle Gantt diagram.

Kravene til identificeringen af lokaliteter kan sammenfattes i:

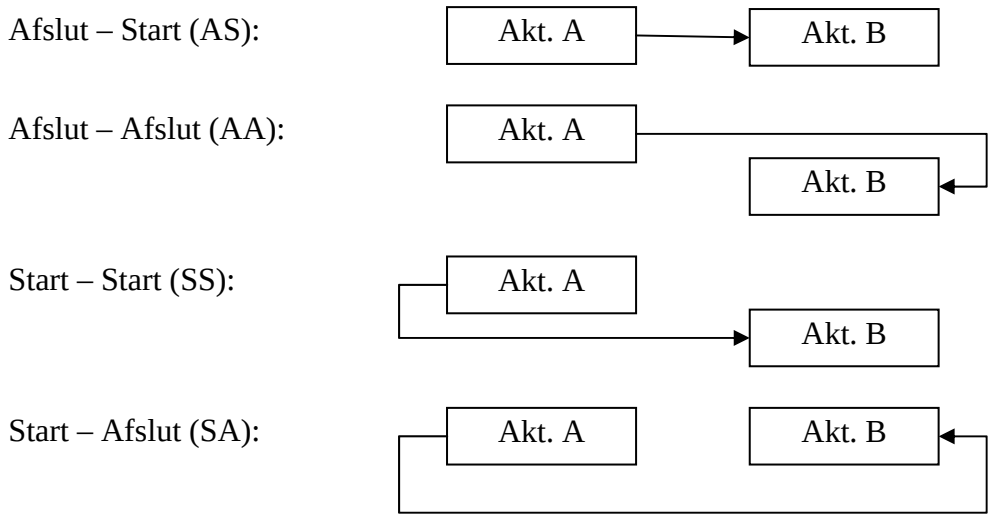
- Summen af lokaliteterne skal omfatte/dække hele projektet
- En lokalitets grænser skal være tydeligt definerede
- En lokalitet kun må indgå en gang på et givent hierarkiniveau i projektets lokalitetsstruktur.

2.3 Aktivitetskoblinger – logiske og lokalitetsbaserede koblinger

LBS-metoden bruger de traditionelle logiske aktivitetsbindinger, der er velkendte fra CPM-metoden. De logiske bindinger angiver på et grundlæggende niveau, hvordan aktiviteterne forholder sig til hinanden. Men de logiske bindinger tager ikke højde for projektets lokaliteter og de begrænsninger, der er knyttet til lokaliteterne for de enkelte aktiviteter. En logisk binding angiver f.eks., at en aktivitet må starte, når en anden er afsluttet, men den siger ikke noget om, hvor arbejdet skal påbegyndes, eller i hvilken rækkefølge arbejdet skal udføres. Med LBS-metodens lokalitetsbaserede bindinger udvikles brugen af de logiske bindinger til også at omfatte aktiviteternes lokaliteter, hvilket tilføjer yderligere muligheder i projektplanlægningen.

2.3.1 De traditionelle logiske aktivitetsbindinger

De fire logiske aktivitetsbindinger der også bruges i CPM-metoden er: Afslut – Start (AS), Afslut – Afslut (AA), Start- Start (SS) og Start – Afslut (SA), se Figur 6.



Figur 6: De fire traditionelle logiske aktivitetsbindinger

AS-bindingen angiver, at aktivitet A skal være afsluttet, før aktivitet B kan påbegyndes. AA-bindingen angiver, at aktivitet B ikke kan afsluttes, før aktivitet A er afsluttet.

Bemærk at AA-bindingen er uafhængig af, hvornår de involverede aktiviteter påbegyndes og at de to AA-koblede aktiviteter ikke nødvendigvis skal afsluttes samtidigt.

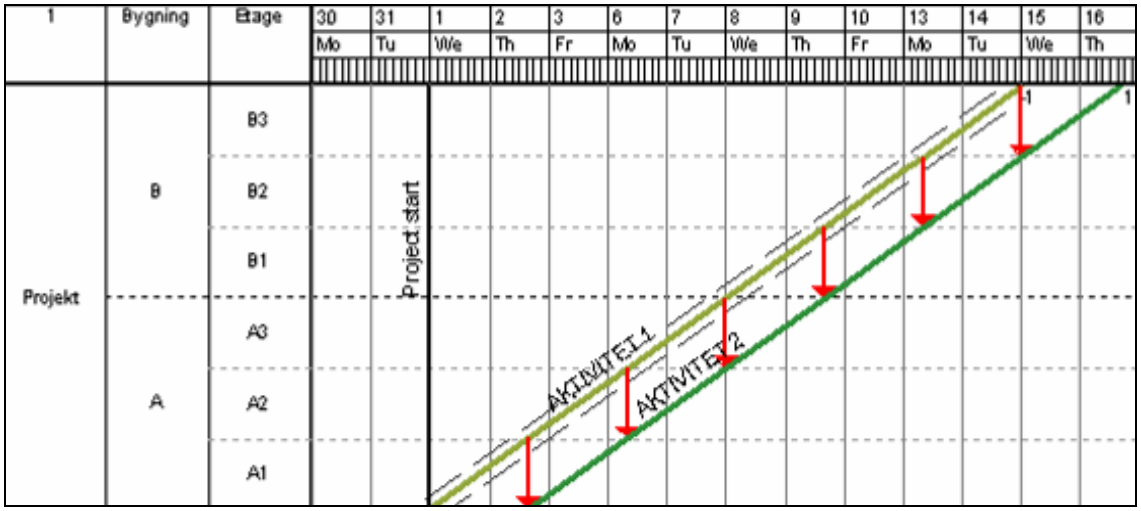
SS-bindingen angiver, at aktivitet B ikke kan påbegyndes, før aktivitet A er påbegyndt, men det er ikke ensbetydende med, at aktiviteterne nødvendigvis startes eller afsluttes samtidig. SA-bindingen angiver, at aktivitet B først må afsluttes, når aktivitet A er påbegyndt.

2.3.2 Lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger

LBS-metoden anvender altså de traditionelle logiske aktivitetsbindinger, men tilføjer yderligere bindinger, der vedrører aktiviteternes lokaliteter. Dette er et helt centralt element i planlægning med LBS-metoden. Der er fem forskellige typer eller niveauer af lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger (Kenley 2006).

Niveau 1: Aktivitetsbinding mellem aktiviteter på det samme lokalitetsniveau

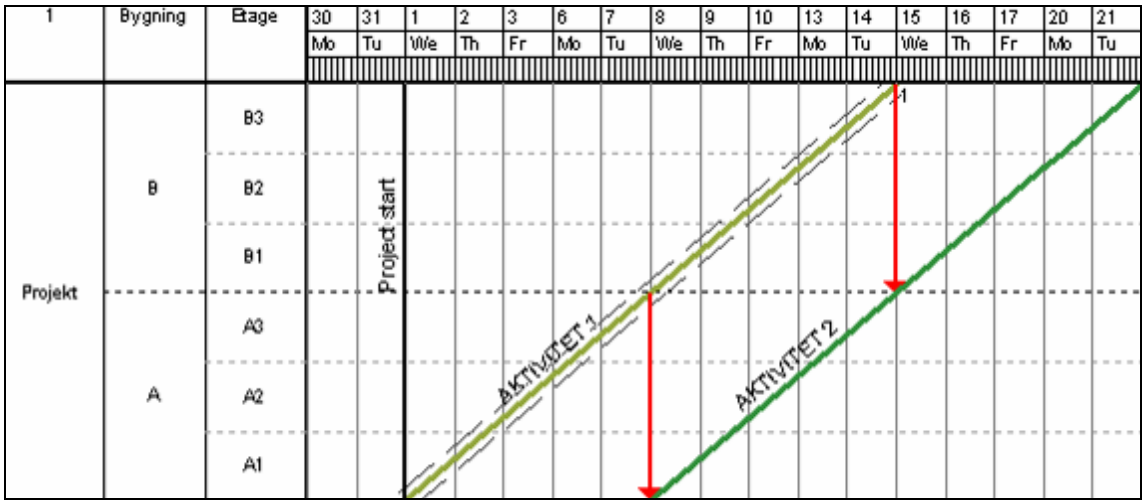
En binding mellem to efterfølgende aktiviteter på niveau 1 regulerer forholdet mellem aktiviteterne på det samme lokalitetsniveau. Eksemplet i Figur 7 viser, at Aktivitet 1 er koblet til den efterfølgende aktivitet 2 på lokalitetsniveauet ”Etage”, dette indebærer, at Aktivitet 2 for eksempel ikke kan påbegyndes i lokalitet A1, før arbejdet i Aktivitet 1 er afsluttet i denne lokalitet.



Figur 7: Aktivitetsbinding mellem to aktiviteter på niveau 1

Niveau 2: Aktivitetsbinding mellem to aktiviteter på forskellige lokalitetsniveauer

Aktivitetsbindingen på niveau 2 mellem to efterfølgende aktiviteter regulerer forholdet mellem aktiviteterne på forskellige lokalitetsniveauer. Bindinger på niveau 1 og niveau 2 adskiller sig fra hinanden ved, at de pågældende aktiviteter er tilknyttet forskellige lokalitetsniveauer. I eksemplet i Figur 8 er Aktivitet 1 planlagt på lokalitetsniveau ”Bygning”, medens Aktivitet 2 har et lokalitetstilhørsforhold på et etageniveau. Dette medfører altså, at hele Aktivitet 1 skal gøres færdig på niveauet ”Bygning”, før arbejdet med Aktivitet 2 kan påbegyndes i den aktuelle lokalitet, selvom Aktivitet 2 er tilføjet det underordnede etage-niveau.



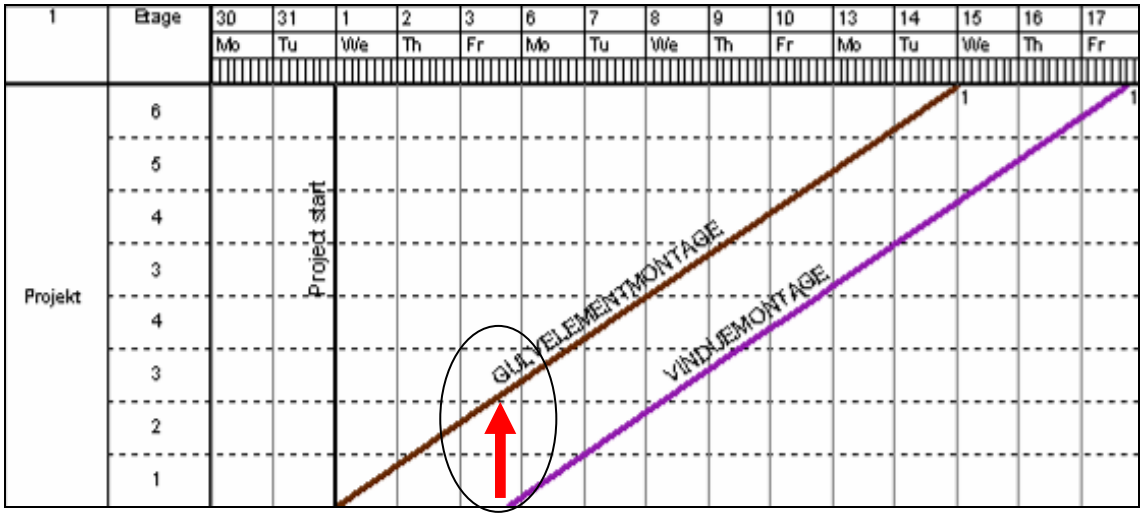
Figur 8: Aktivitetsbinding mellem to aktiviteter på niveau 2

Niveau 3: Intern aktivitetsbinding

Aktivitetsbindingen på niveau 3 er aktivitetens interne binding. Det er altså den binding, der bestemmer den interne lokalitetsrækkefølge for aktiviteten, dvs. hvordan aktiviteten bevæger sig mellem projektets forskellige lokaliteter (den interne aktivitetsbinding er altså det samme som aktivitetens lokalitetstilhørsforhold). Aktiviteterne 1 og 2 i Figur 7 har f.eks. interne aktivitetsbindinger, der medfører, at aktiviteterne starter på etage A1 i Bygning A og derefter går videre til etage A2 og A3 i Bygning 1, før arbejdet fortsætter på etage B1, B2 og B3 i Bygning B.

Niveau 4: Aktivitetsbinding mellem to aktiviteter der skaber et lokalitetsslæk

Aktivitetsbindingen på niveau 4 bruges til at skabe et så kaldet ”lokalitetsslæk” mellem to aktiviteter. Denne aktivitetsbinding kan typisk anvendes til at beskrive forholdet mellem de forskellige aktiviteter, der indgår i udførelsen af en given konstruktion i en bygning. Aktivitetsbindingen på niveau 4 kan f.eks. bruges, hvis aktiviteten ”Nedrivning af soldater” på lokalitetsniveauet etage 1 er afhængig af aktiviteten ”Betonhærdning” på lokalitetsniveauet etage 3. Et andet eksempel er illustreret i Figur 9, hvor et aktivitetsslæk mellem aktiviteterne ”Vinduesmontage” og ”Gulv- og vægelementmontage” viser, at der skal være et lokalitetsmellemrum i form af en etage mellem aktiviteterne.



Figur 9: Aktivitetsbinding mellem to aktiviteter på niveau 4

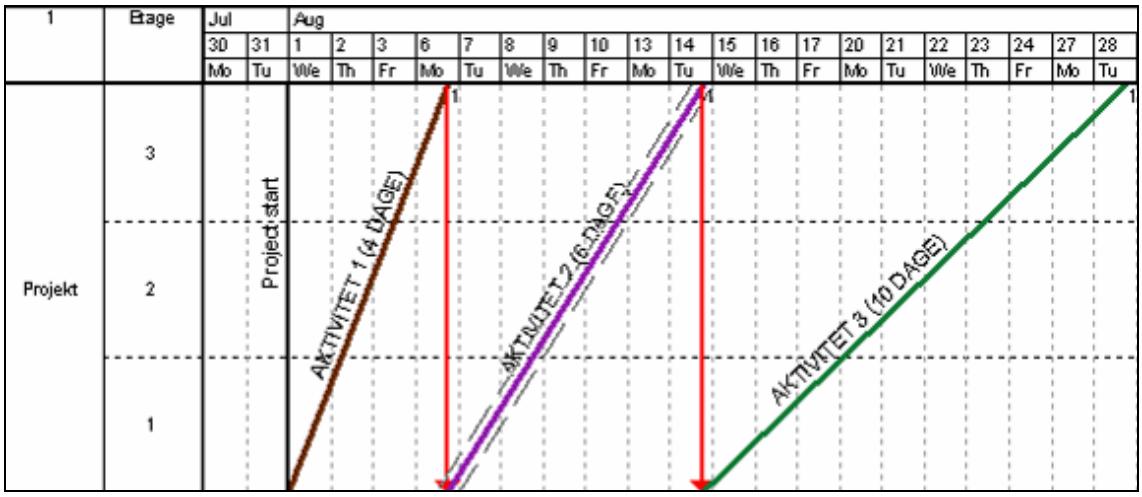
Niveau 5: Aktivitetsbinding mellem to forskellige lokaliteter

Aktivitetsbindinger mellem to aktiviteter på niveau 5 muliggør bindinger mellem uafhængige lokaliteter på samme eller forskellige niveauer. En binding på niveau 5 tillader altså, at der vælges en specifik lokalitet som udgangspunkt for bindingen, f.eks. at Aktivitet 2 må starte i lokaliteten Etage 2, når Aktivitet 2 er færdig i lokaliteten Lejlighed 2.

2.3.3 Afsluttende kommentar til lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger

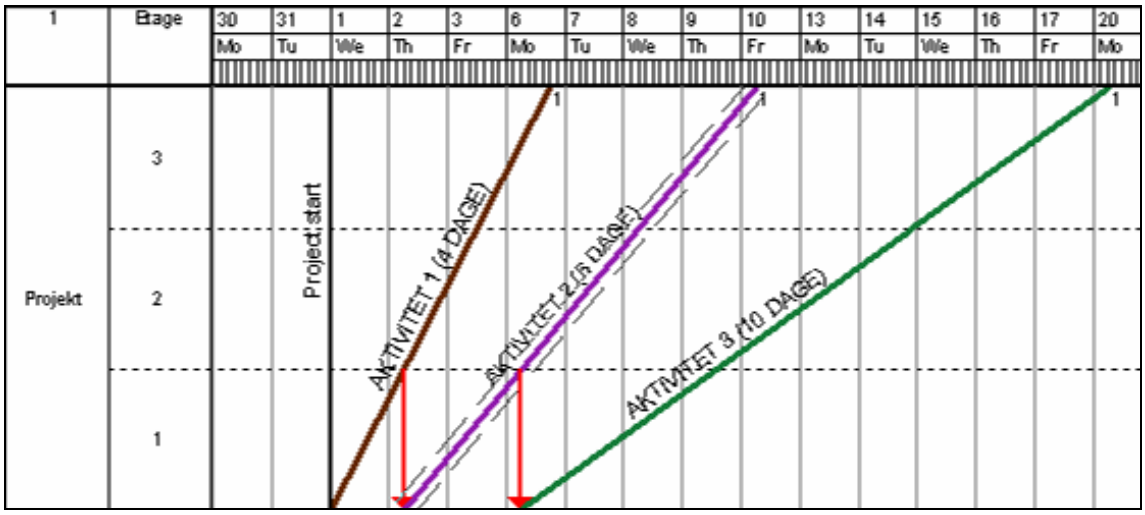
De lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger er, som det fremgår af beskrivelsen af de fem typer aktivitetsbindinger, direkte forbundet med projektets lokalitetsstruktur. Den enkelte aktivitets lokalitetstilhørsforhold har f.eks. det samme lokalitetsniveau som aktivitetens interne binding, dvs. den interne aktivitetsbinding på niveau 3. Brugen af lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger er som tidligere nævnt en central del af planlægningen med LBS-metoden.

Brugen af lokalitetsbaserede aktivitetsbindinger muliggør f.eks., at projektet kan planlægges på en måde, der reducerer projektets varighed, uden at ressourceforbruget øges. Grunden til dette er, at aktivitetsbindingerne gør det muligt at planlægge aktiviteterne så de starter tidligere (aktiviteterne overlapper hinanden). Figur 10 viser en LBS-plan med tre aktiviteter, der er planlagt uden lokalitetsoverlap. Projektets varighed er ifølge tidsplanen 20 arbejdsdage eller 28 kalenderdage.



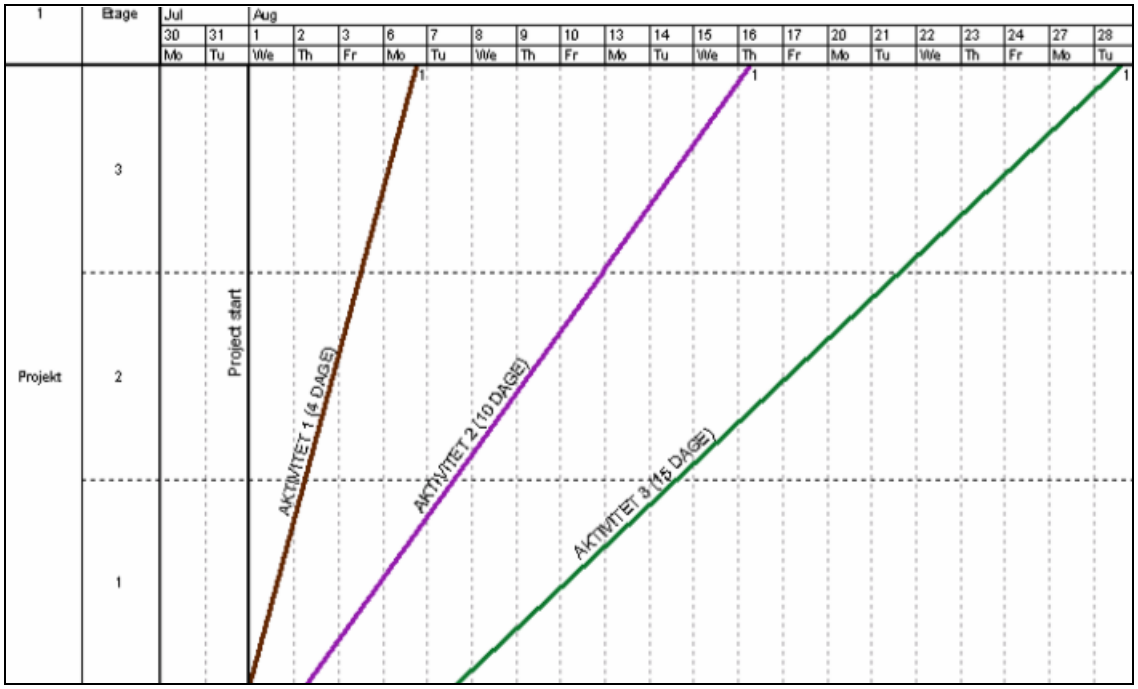
Figur 10: LBS-plan uden lokalitetsoverlap. Total projektvarighed er 20 dage.

Figur 11 viser den samme tidsplan som i Figur 10, men denne gang er aktiviteterne planlagte med lokalitetsoverlap, hvilket simpelthen indebærer, at en efterfølgende aktivitet kan påbegyndes, før en foregående aktivitet er afsluttet. Ifølge tidsplanen i Figur 11 kan projektets varighed reduceres fra 20 dage til 14 dage med det samme ressourceforbrug.



Figur 11: LBS-plan med lokalitetsoverlap. Total projektvarighed knapt 14 dage.

En anden mulighed er selvfølgelig at bruge aktivitetsbindingerne og lokalitetsoverlappet til at reducere ressourcemængden (det totale antal mandtimer reduceres dog ikke) med bibeholdt projektvarighed. Tidsplanen i Figur 12 har den samme projektvarighed som tidsplanen uden lokalitetsoverlap i Figur 10, men mængden af allokerede ressourcer er begrænset (aktiviteternes varighed er forlænget).



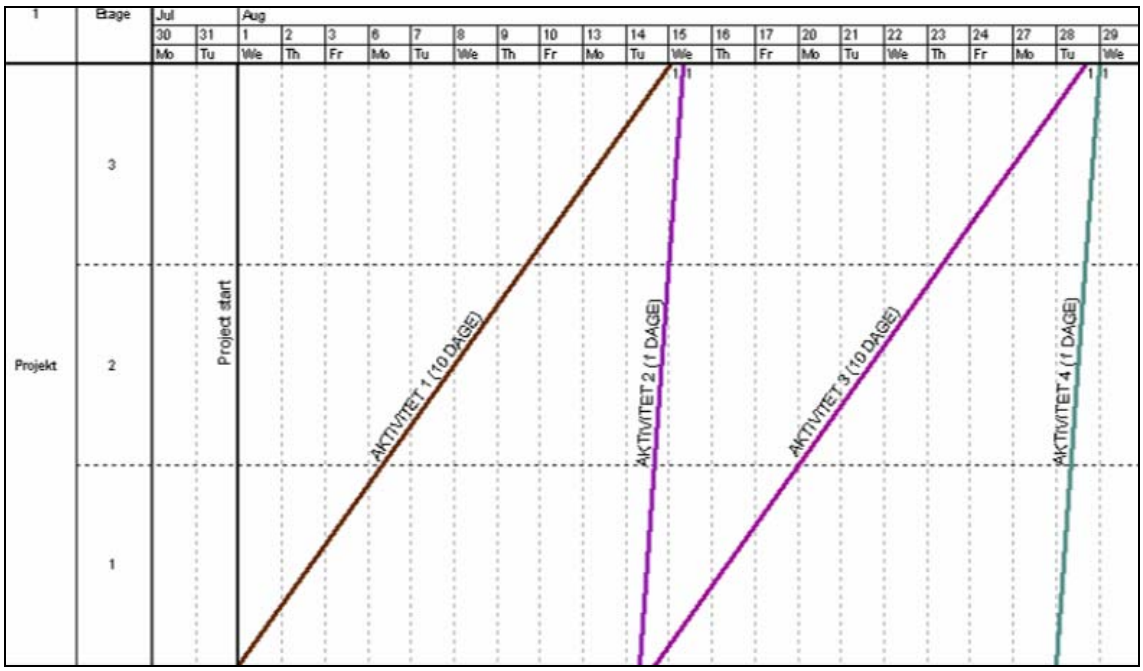
Figur 12: Tidsplan med overlappende aktiviteter og reduceret ressourceallokering

2.4 Produktionsflow – strømning af aktiviteter og ressourcer

Byggeprojekter består typisk af aktiviteter, der gentages af de samme ressourcer på forskellige lokaliteter af projektet, dvs. at aktiviteterne ”flyder” gennem projektet. Det er derfor nærliggende at planlægge med udgangspunkt i et produktions-flow. Et arbejds- eller produktionsflow defineres i LBS-sammenhæng som aktiviteternes og ressourcernes bevægelse gennem projektet og dets lokaliteter.

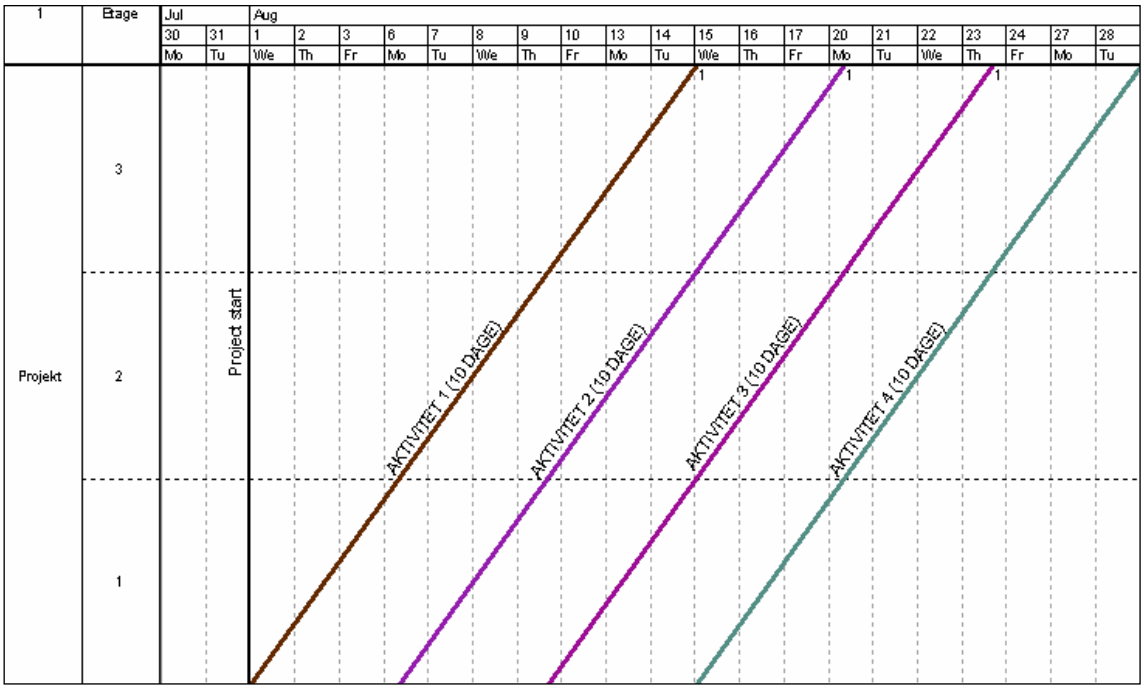
LBS-metodens Flow-line diagram, der grafisk præsenterer projektplanlægningen, er velegnet til at overskue produktions-flowet i projektet og gør det dermed muligt at synkronisere aktiviteterne med hinanden. For eksempel gør Flow-line diagrammet det muligt at sikre sig, at aktiviteterne ikke krydser hinanden (dvs. at to eller flere aktiviteter er planlagte til at foregå på den samme lokalitet på det samme tidspunkt).

Synkronisering af aktiviteterne i projektet indebærer, at aktiviteternes produktions-hastighed afbalanceres i forhold til hinanden. Figur 13 og Figur 14 viser to eksempler, hvor aktiviteterne i det ene tilfælde ikke er synkroniserede, og hvor de samme aktiviteter i det andet eksempel er blevet synkroniserede. Bemærk, at projektets totale varighed er den samme i begge tilfælde.



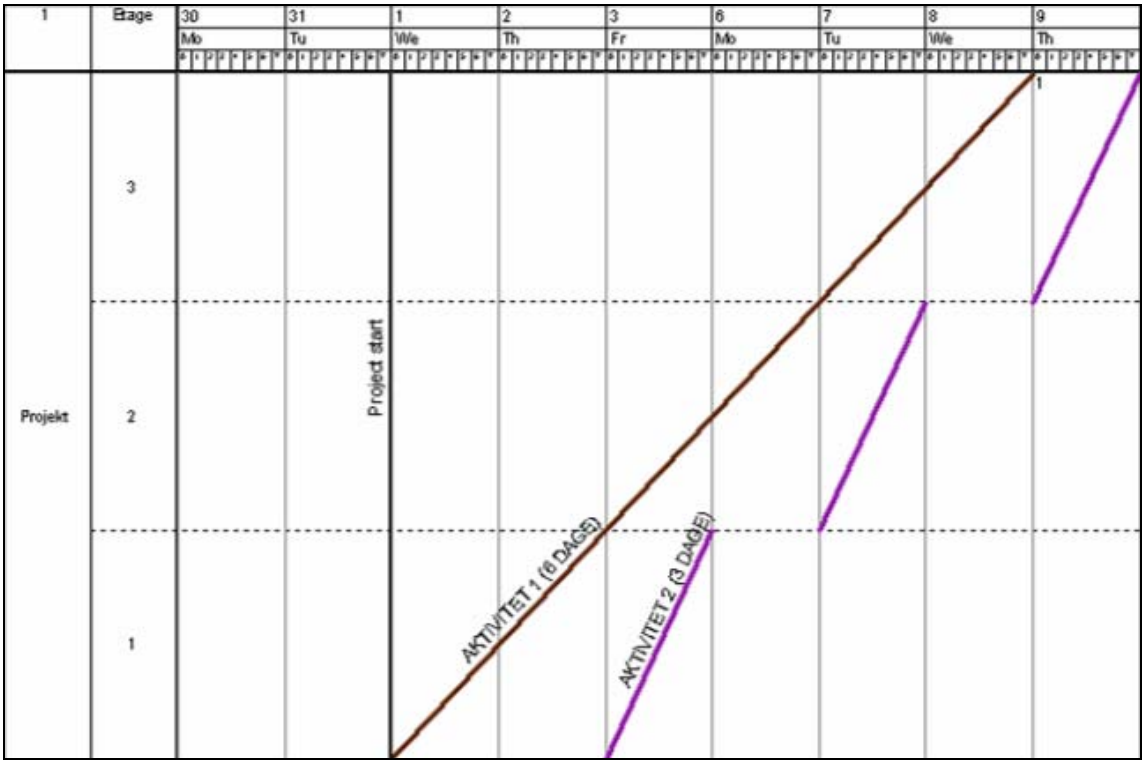
Figur 13: LBS-plan hvor de fire aktiviteter er usynkroniserede. Projektvarighed = 20d

Synkroniseringen af aktiviteterne fokuserer altså på den indbyrdes balancering af aktiviteterne i projektet. I nogle tilfælde kan det betale sig at øge produktionshastig-heden i en aktivitet for at nå en kortere projektvarighed, mens det i et andet tilfælde kan være bedre at reducere ressourcetildelingen i en aktivitet for at skabe indbyrdes balance. Synkroniseringen af projektets aktiviteter bidrager til at skabe en rytme i produktionen gennem balancering af ressourceallokeringen til aktiviteterne. Synkroniseringen bidrager også til at undgå ”lokalitets-huller” i tidsplanen, dvs. lokaliteter hvor der ikke foregår noget arbejde inden for en tidsperiode.



Figur 14: LBS-plan hvor de fire aktiviteter er synkroniserede.

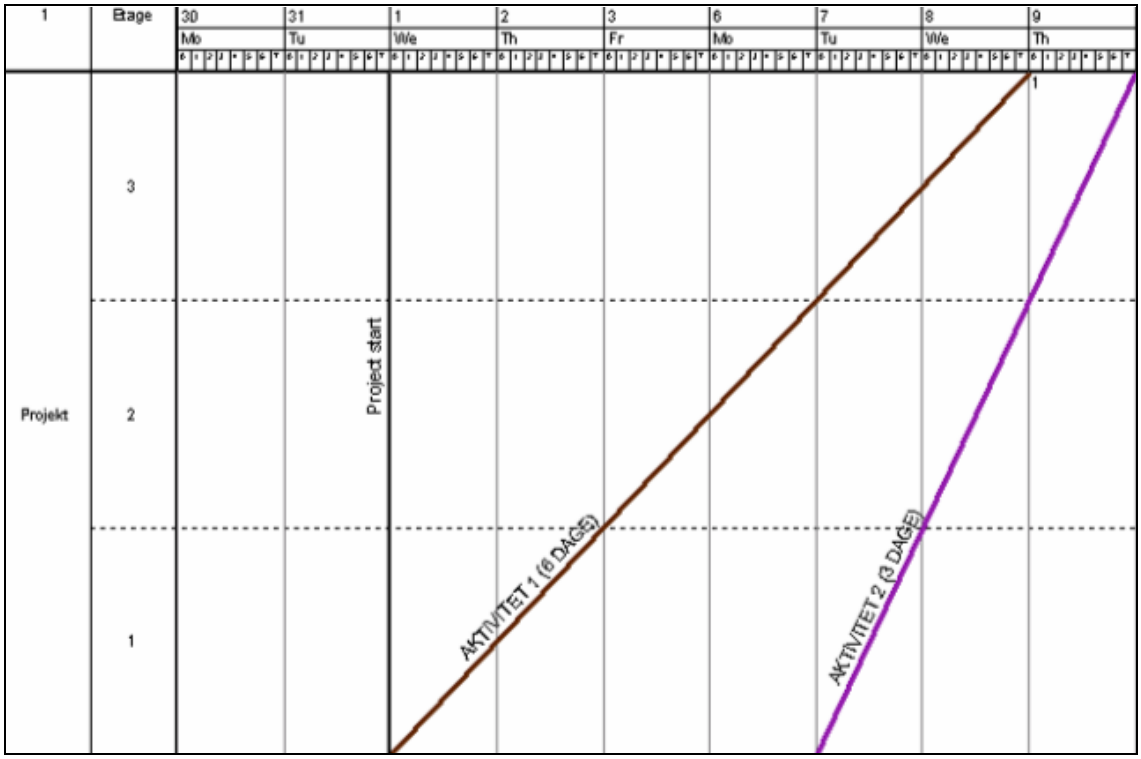
Samtidig er det vigtigt at sikre aktiviteternes kontinuitet, hvilket bidrager direkte til at skabe et jævnt produktions-flow for den enkelte aktivitet. At en aktivitet er kontinuerlig indebærer, at hele aktiviteten gennemføres på alle aktuelle lokaliteter uden afbrud.



Figur 15: LBS-plan hvor aktivitet 1 er kontinuerlig og aktivitet 2 er diskontinuerlig

Figur 15 og Figur 16 illustrerer planlægning af en diskontinuerlig og en kontinuerlig aktivitet. Eksemplet viser, at det ikke betaler sig at starte aktivitet 2 tidligst muligt, ifølge tidsplanen i Figur 15. Projektets totale varighed er den samme i begge tilfælde. Desuden er der en stor praktisk ulempe forbundet med, at arbejdet i den diskontinuer-

lige aktivitet skal påbegyndes og afbrydes tre gange, hvilket påvirker produktiviteten negativt.

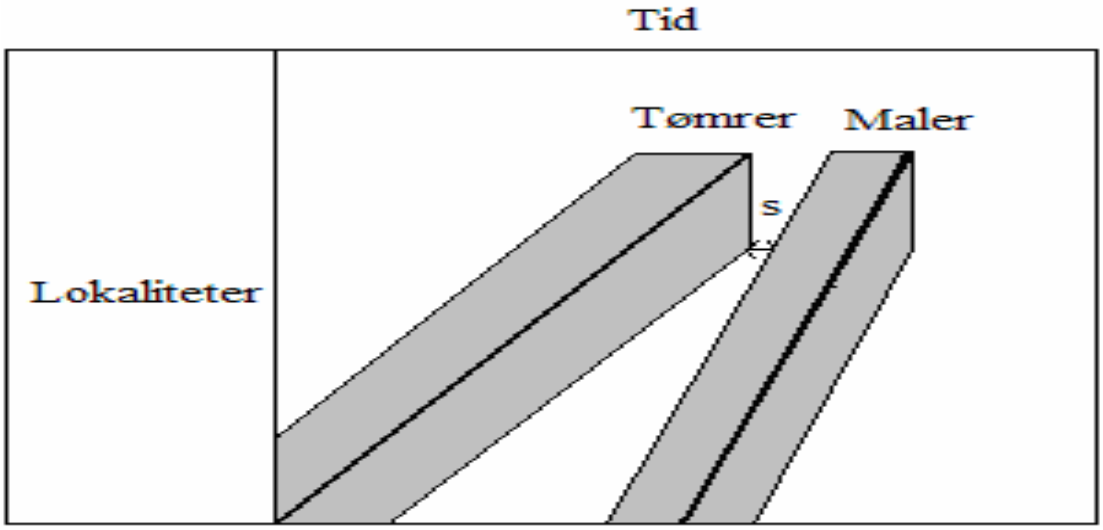


Figur 16: LBS-plan hvor aktivitet 1 og 2 er kontinuerlige

2.5 Råderumszoner

I LBS-metoden mister den kritiske sti og aktiviteternes slæk den betydning det har i analysen i forbindelse med den aktivitetsbaserede planlægning, i stedet fokuserer den kritiske analyse på at sikre, at der ikke planlægges to aktiviteter på samme sted på samme tid. Et nyt begreb i den sammenhæng er ”råderumszone”. Råderumszonen beskriver afstanden mellem to aktivitetskæder i Flow-line diagrammet. En råderumszone består af såvel en tidsmæssig som en rumlig afstand mellem to aktiviteter, dvs. ”råderum” og ”rådetid”. Den rumlige del af en råderumszone er udtryk for, at hvert sjak må have et vist *råderum* (fysisk plads) for sit arbejde. I analogi med råderum opereres med begrebet rådetid, der er udtryk for, at der skal være en vis tidsmæssig mindsteafstand mellem aktiviteterne (en tidsmæssig buffer). Råderumszonerne kan på en vis måde opfattes som en del af risikostyringen.

I Figur 17 er illustreret et eksempel på råderumszoner i en tidsplan med to aktiviteter, nemlig montering og maling af gipsvægge. Efter tømrersjakket har monteret sine gipsvægge, skal malersjakket male de monterede vægge. Dette skal helst foregå løbende, så tømrersjakket monterer i lokaliteten 1 og derefter begiver sig hen til lokaliteten 2. Samtidig med tømrerne arbejder på lokaliteten 2, går malersjakket i gang med lokaliteten 1. Det er her nødvendigt i tidsplanlægningen at opstille en råderumszone, dvs. en sikkerhedszone der sikrer plads, hvis eksempelvis tømrerne får forsinkelser med monteringen af gipsvægge.



Figur 17: To aktiviteter hvor råderumszonerne er angivet med gråt.

Råderumszonerne afbildes, se Figur 17, som en grå zone omkring aktivitetskæderne. Aktivitetskædernes grå zoner må ikke gribe ind over hinanden, men kan dog godt tangere. Røringspunktet mellem råderumszonen for to aktiviteter kaldes for ”det kritiske nærpunkt”. Ofte er det ønskeligt at indsætte en yderligere sikkerhedsmargin mellem de to aktivitetskæder ud over den direkte rumligt og tidsmæssigt nødvendige afstand. Denne afstand kaldes en ”stødpudeafstand”, dvs. en buffer der skal opfange forsinkelser fra den foregående aktivitet, så den ikke får indflydelse på den efterfølgende aktivitet.

3 Praktiske erfaringer med LBS-metoden

Som tidligere nævnt er LBS-metoden afprøvet på tre aktuelle byggeprojekter. I alle tilfælde er der startet med at tage den originale CPM-baserede produktionsplan og overføre denne på LBS-form. Resultatet af dette er blevet drøftet med byggeledelsen med henblik på at identificere forbedringsmuligheder. Med udgangspunkt i LBS-kopien af den oprindelige CPM-plan er der opstillet en ny og forbedret plan, resultatet er efterfølgende blevet vurderet sammen med byggeledelsen på projektet. I de følgende afsnit er der gjort rede for de praktiske erfaringer med denne fælles del af afprøvningen, og endvidere præsenteres resultater fra afprøvning af LBS-metoden på mere specifikke delområder – indkøb og leverancer, produktionsplanlægning samt kvalitets- og betalingsstyring.

3.1 Erfaringer med kopiering af den oprindelige CPM-plan

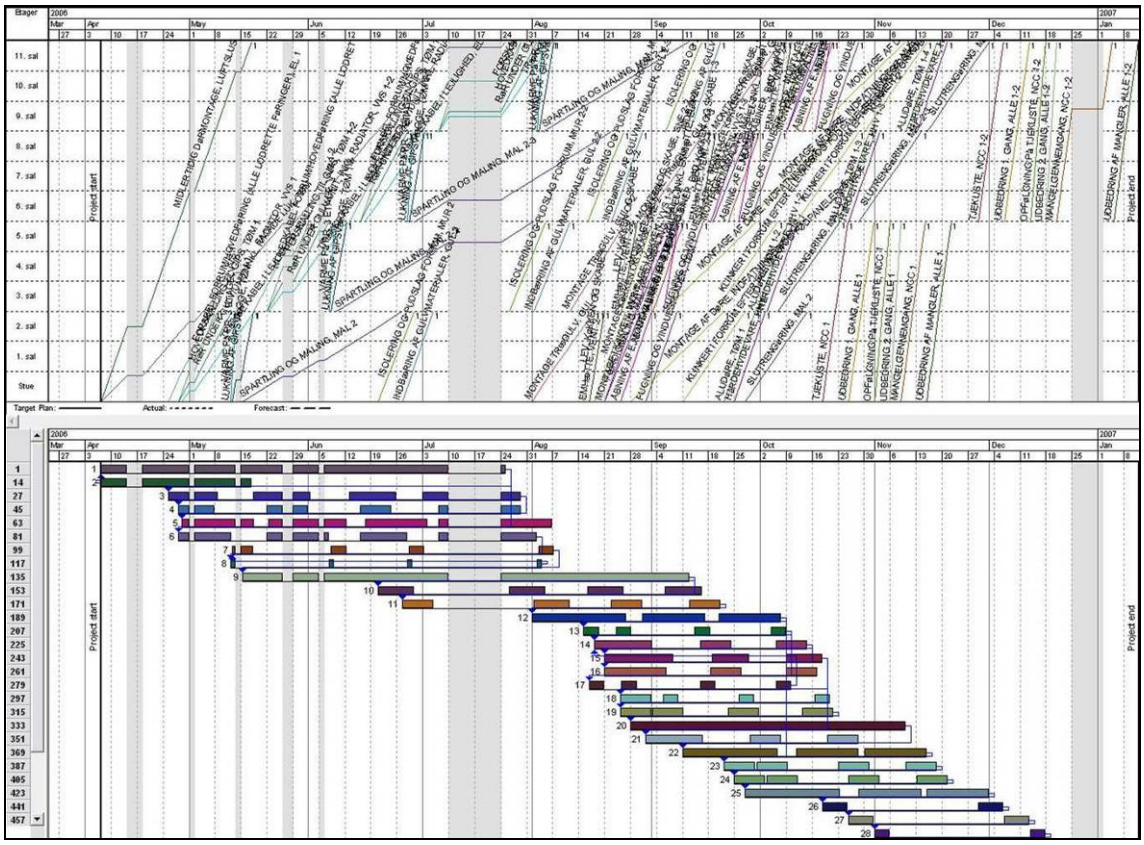
Den praktiske afprøvning af LBS tog altså udgangspunkt i de eksisterende CPM-baserede tidsplaner, som var udarbejdet af byggeledelsen for hvert af de tre case-projekter. Alle de oprindelige tidsplaner var udarbejdet uden hensyntagen til undersøgelsen og må derfor antages at repræsentere typiske aktuelle eksempler på produktionstidsplaner i danske byggeprojekter. Byggeledelsen brugte i alle tilfælde den traditionelle aktivitetsbaserede CPM tidsplanlægningsmetode, hvor tidsplanerne typisk var udviklet i MS Project og grafisk præsenteret i et Gantt-diagram. De oprindelige tidsplaner omfattede produktionsfasen i hvert af de tre projekter. Et gennemsyn af planerne viste, at de generelt var karakteriseret ved:

- Et betydeligt antal aktiviteter
- Aktiviteterne var opdelt efter WBS (Workbreakdown Structure)
- Afhængigheder mellem aktiviteterne var normalt forekommende men ikke synlige
- Resurser var begrænset til arbejdskraft, det vil sige byggematerialer eller maskiner/udstyr var ikke en del af planen
- Der var kun tildelt ressourcer (bemanding) til egne arbejder ikke til underentreprenørers arbejde

Figur 18 viser et eksempel på en LBS-kopi af den oprindelige tidsplan i et af casene, nemlig Krageøen (se Bilag 1). Udarbejdelsen af denne LBS-kopi af tidsplanen har bevaret aktiviteternes eksisterende tidsrammer, og en væsentlig del i udarbejdelsen af tidsplanen, har bestået i at indarbejde materiale-mængder, enhedspriser mv. i Control™ 2007. Disse informationer er blandt andet anvendt til bestemmelse af mandetimer og arbejdsrate, som grundlag for aktiviteternes arbejdsflow. Ovenstående har ført til en LBS-kopi af den oprindelige CPM-tidsplan, som ses illustreret i Figur 18 nedenfor.

En funktion i planlægningsværktøjet Control™ 2007 muliggør at arbejde i to vinduer samtidigt, f.eks. Gantt- og Flow-line diagrammerne som vist på Figur 18. De mange fragmenterede aktiviteter i Gantt-diagrammet, og alle aktiviteter, der krydser hinanden i Flow-line diagrammet giver et signal om et af de grundlæggende problemer i en aktivitetsbaseret CPM-plan, nemlig at CPM-planen ikke umiddelbart sikrer et jævnt aktivitets- og ressourceflow gennem projektets forskellige lokaliteter. Som det fremgår af den oprindelige tidsplan, er mange af aktiviteterne altså ikke tænkt udført kontinuert. Dette er et problem, da der derved opstår stop i produktionen som medfører, at de

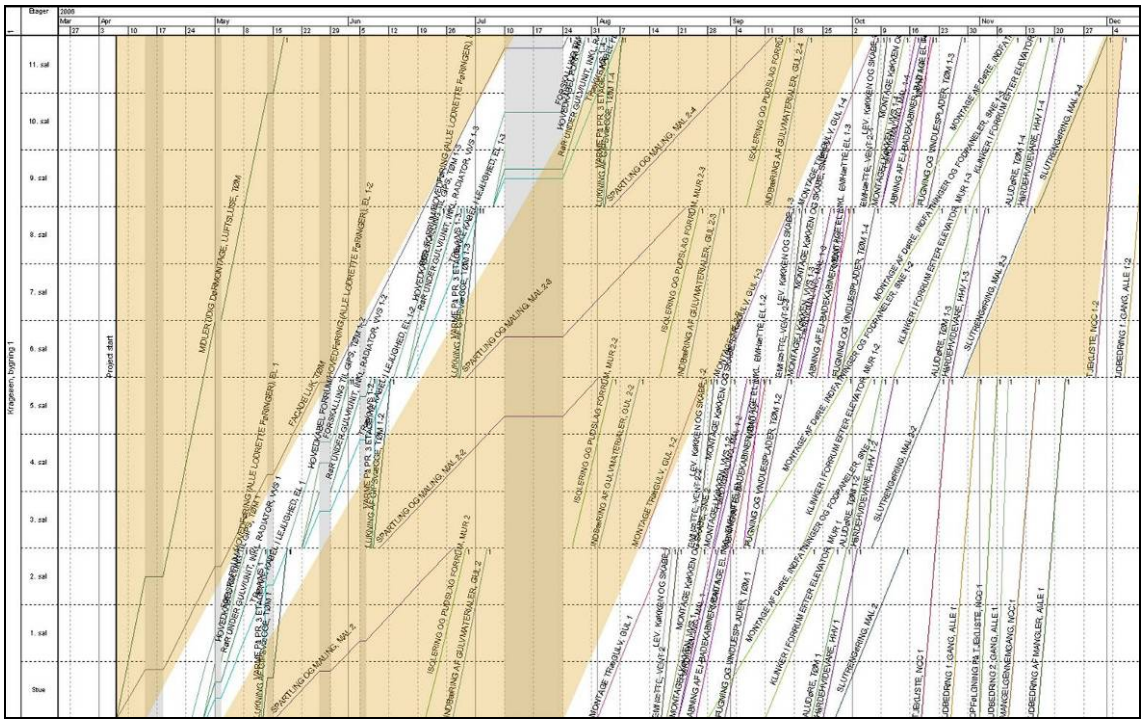
enkelte håndværksfag må forlade pladsen i kortere perioder for efterfølgende at vende tilbage og opstarte nyt arbejde. Dette forhold, sammenholdt med, at det tilbagevendende sjak muligvis ikke er det samme, som tidligere var på pladsen, betyder, at rutiner og arbejdsgange på ny skal kommunikeres ud med risiko for en forringelse af kvaliteten af det udførte arbejde.



Figur 18: LBS-kopi af den originale tidsplan vist som Gantt- og Flow-line diagram.

Et andet generelt problem i de oprindelige tidsplaner er illustreret i Figur 19, hvor de orange områder i tidsplanen indikerer de ikke optimalt udnyttede lokaliteter i forhold til tid, hvilket er i strid med LBS-tankegangen, hvor flowstyring er i højsædet. Områderne er udtryk for, at der er lokaliteter i projektet, hvor der kun er planlagt ganske få aktiviteter over et større tidsrum. Dette medfører som vist på figuren, at der ikke udføres arbejde på enkelte lokaliteter i op til 8 uger. Dette skyldes produktionsraten samt den tilknyttede ressourcemængde, som er udtrykt ved hældningen på kurven for arbejdsflowet for de enkelte aktiviteter. Et indsatspunkt kunne derfor være at ændre på ressourcemængderne for herigennem at få bedre udnyttelse af de enkelte lokaliteter og den forbrugte tid.

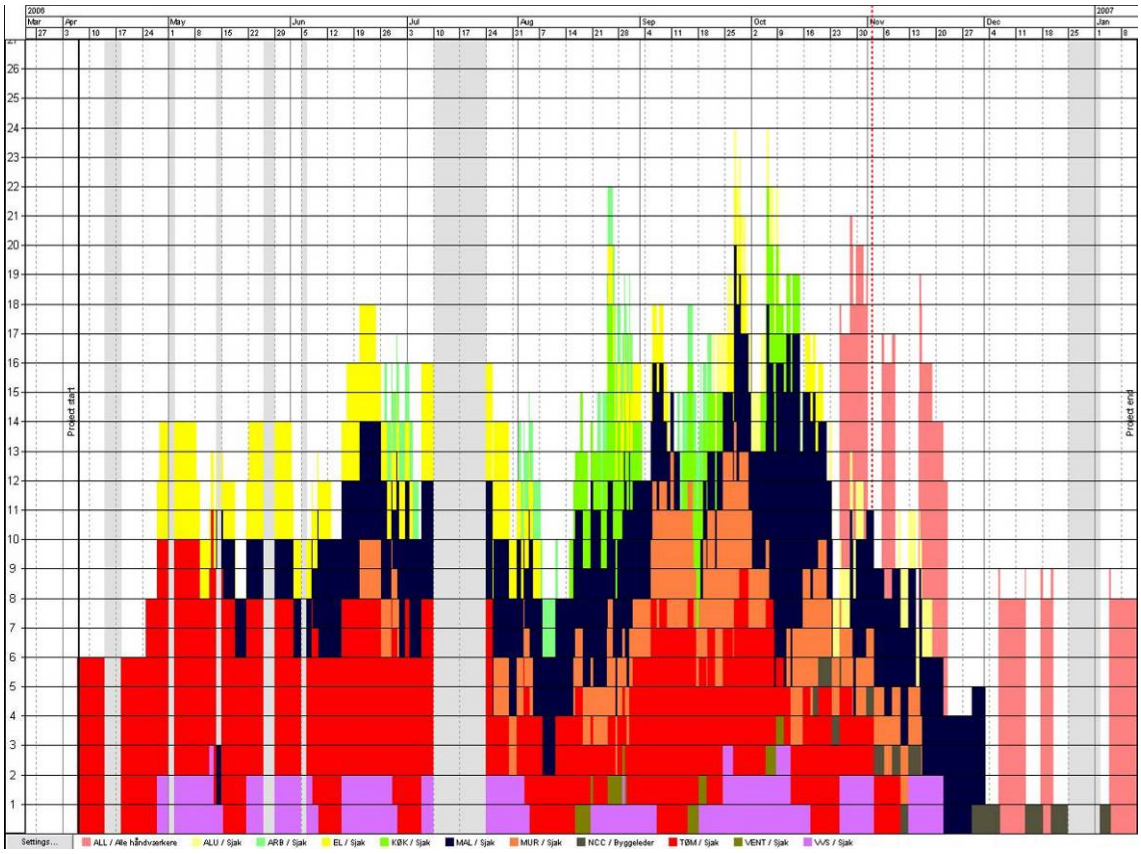
Denne problemstilling blev diskuteret under flere lean-møder på byggepladsen i Krageøen-projektet. I LBS-planen synliggøres et sådant problem allerede i den tidlige planlægningsfase. Under Krageøen-projektets staderegistreringsrunde blev det observeret, at mange sjak arbejdede meget ustruktureret op gennem bygningen, dette er i det mindste delvis et resultat af de mange tomme lokaliteter, som kommenteret tidligere. Den tilfældige spredning af arbejdende sjak gør byggeledelsens arbejde unødvendigt kompliceret, idet den ikke har mulighed for optimalt at styre de planlagte arbejdsgange.



Figur 19: Illustration af uhensigtsmæssigt arbejdsflow som resultat af ikke-optimal planlægning i LBS-kopien af den oprindelige plan.

Den suboptimale planlægning giver sig tilkende i Flow-line diagram i tidsrummet, som følger efter det markerede område midt på Figur 19. Det pågældende tidsrum er præget af uens arbejdsflow op igennem bygningen med mange overlappende arbejder som et resultat af den forudgående mangelfulde planlægning. Det kan ses af tidsplanen ovenfor, at ressourcerne ikke udnyttes optimalt i projektet, da det vil være nødvendigt med to sjak i en begrænset periode, hvorefter et enkelt sjak er tilstrækkeligt til at udføre arbejdet for den resterende del af byggeprojektet.

Det er væsentligt for at kunne opretholde et jævnt arbejdsflow igennem hele projektet, at der er tilknyttet en ens mængde ressourcer til en aktivitetstype over hele forløbet. Som det ses af Figur 20, varierer mængden af ressourcer på pladsen i et af case-projekterne fra 2 til 8 håndværkere for visse fag. Resultatet af ovenstående er illustreret på ressourcehistogrammet, som viser, at projektledelsen må kunne forvente et uens arbejdsflow samt udskiftning af folk. Disse faktorer medfører en risiko, der ellers ville kunne være identificeret allerede i den tidlige planlægning.



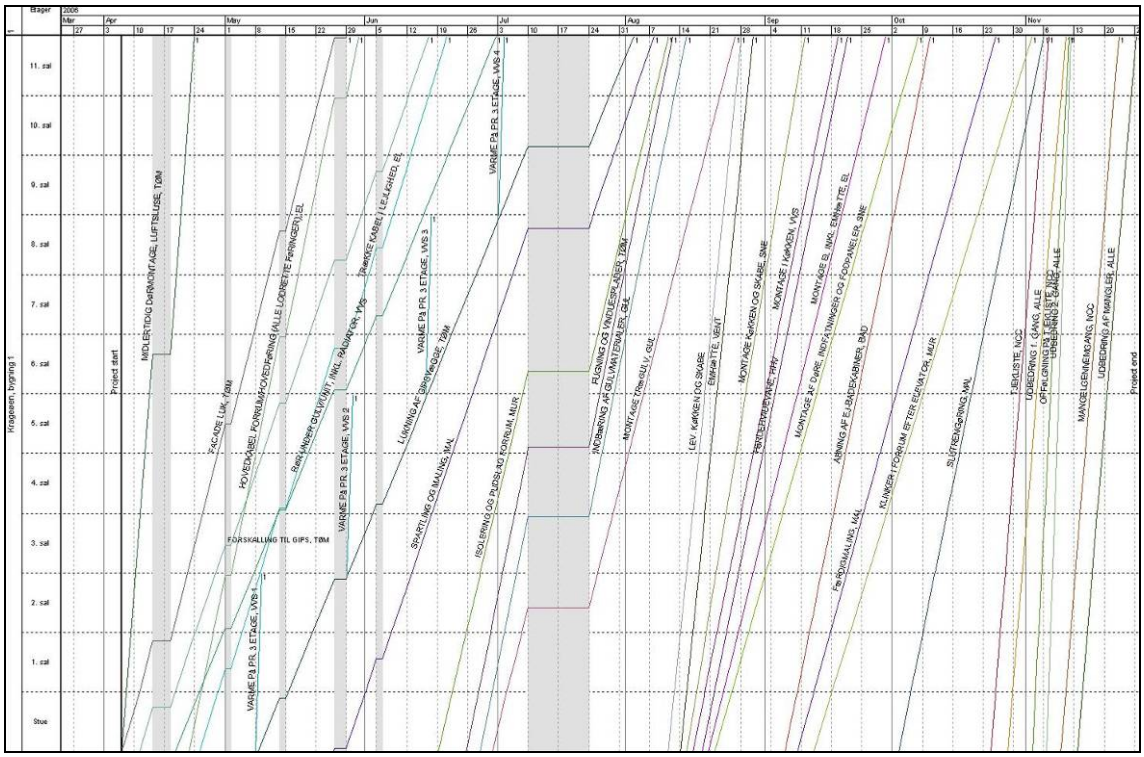
Figur 20: Illustration af bemandingen i et af case-projekterne

3.2 Forbedret version af LBS-planen

Det kan konkluderes fra analysen i de tre caseprojekter af LBS-kopierne af de CPM-baserede tidsplaner, at de oprindelige tidsplaner ikke er optimale i et LBS-perspektiv. Det blev f.eks. tydeligt, at det planlagte flow af aktiviteter var diskontinuert, det vil sige at planlagt produktion var karakteriseret ved hyppige stop og starter for de forskellige aktiviteter og dermed de allokerede ressourcer. Endvidere var parallelle aktiviteter ikke altid ordentligt afbalancerede med hensyn til deres produktionshastighed, i nogle tilfælde førte dette til overlappende aktiviteter, som betød, at to aktiviteter var planlagt til at udføres på det samme sted på det samme tidspunkt.

LBS-kopierne af de oprindelige CPM-planer afslørede også, at der var områder i bygningen, hvor der ikke foregik byggeaktiviteter, hvilket kan være en konsekvens af uafbalancerede parallelle aktiviteter, et område, hvor der ikke arbejdes, antyder nemlig, at arbejdet kan tidsplanlægges på en mere hensigtsmæssig måde.

På basis af den kritiske gennemgang af LBS-kopierne af de originale tidsplaner blev der indført planlægningsmæssige forbedringer med henblik på at benytte de muligheder der kommer af LBS-metoden. En forbedret version af LBS-planen i et af case-projekterne er vist i Figur 21 nedenfor.

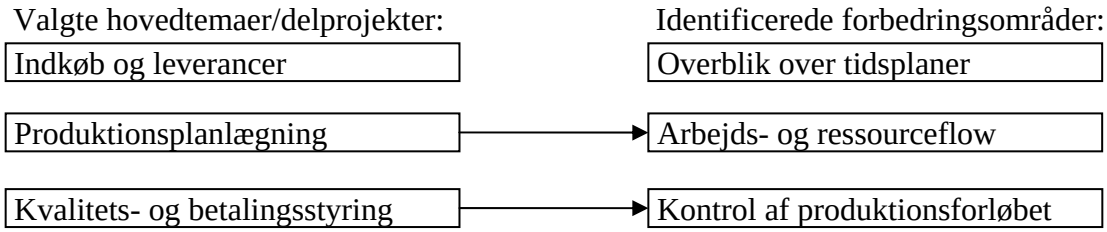


Figur 21: Illustration af optimeret tidsplan for Krageøen med ændring i ressourcer

Forbedringen af tidsplanen indebærer, at de enkelte aktiviteter er gjort kontinuerte, og at aktiviteterne indbyrdes er blevet harmoniserede (balancerede), se afsnit 2.4. Flow-line diagrammet, som er vist på Figur 21, giver gode muligheder for at identificere diskontinuerte aktiviteter og til at balancere aktiviteter, altså opnå et mere jævnt arbejdsflow for alle aktiviteter i projektet. Bemærk at der er fire gange færre aktiviteter i den optimerede LBS-plan end i den oprindelige CPM-tidsplan, og at projektets slut-aflevering er rykket godt 6 uger frem, efter at tidsplanen er blevet optimeret.

Udover den primære fordel i at skabe et forbedret arbejdsflow er der blevet opnået, to andre væsentlige fordele, nemlig et forbedret overblik over tidsplanen og et forbedret grundlag for kontrol at projektets fremdrift.

De tre identificerede nævnte områder, hvor LBS-metoden giver nogle direkte fordele falder nogenlunde sammen med de tre hovedtemaer (se afsnit 1.3), der oprindelig blev formuleret for afprøvningen af LBS-metoden i de tre delprojekter.



Figur 22: Overensstemmelse mellem delprojekternes oprindelige hovedtemaer og de forbedringsområder der er blevet identificerede

De væsentligste erfaringer og konklusioner fra hovedtemaerne og de identificerede områder, hvor LBS-metoden giver nogle direkte fordele, vil blive sammenfattet i de efterfølgende afsnit.

3.3 Forbedret overblik over tidsplanerne

Den mest umiddelbare kommentar fra byggeledelsen til det forbedrede Flow-line diagram var angående de forbedrede muligheder for byggeledelsen til at overskue projektforløbet og rent faktisk se, at aktiviteterne gentages i forskelligt omfang på forskellige steder i projektet. Denne simple konsekvens af LBS og Flow-line diagram bekræftede et nøgleaspekt af LBS-metoden og udgør en forudsætning for etableringen af et hensigtsmæssigt arbejds- og ressource-flow og en forbedret projektkontrol.

Forbedring af mulighederne for kommunikation med underentreprenørerne er et aspekt af LBS, der følger naturligt af, at tidsplanerne bliver nemmere at forstå og som følge heraf nemmere at indføre i praksis. Dette aspekt er også påpeget af Kenley (2004), som mener, at projekters tidsplaner ofte fejler, når det drejer sig om at kommunikere ledelsesinformation fra ledelsesniveauet ned til arbejdsholdene på byggepladsen.

3.4 Etablering af arbejds- og ressourceflow

LBS gør det muligt at simulere forskellige rækkefølger af færdiggørelsen af de forskellige lokaliteter, der er defineret i projektet. Denne mulighed følger af den anderledes afhængighed, der benyttes i planlægningen, nemlig aktiviteternes lokalitetstilhørighed og aktivitetsbindinger (se afsnit 2.2 og 2.3). Ved at ændre rækkefølgen af aktiviteterne på etagerne for eksempel fra 1-2-3-4 til 4-3-2-1, kan den mest hensigtsmæssige rækkefølge for færdiggørelsen evalueres. Dette var af særlig interesse i et af de tre projekter, hvor installationerne oprindelig var planlagt til at starte i toppen af bygningen og fortsætte nedefter, men hvor en simulering af procesplanen viste, at det var mere hensigtsmæssigt at starte installationsarbejderne fra nederste etage.

Den reviderede LBS-version af den oprindelige plan viser tydeligt, at den reviderede tidsplan indebærer veldefinerede og kontinuerte arbejdsforløb, som er relativt bedre afbalancerede, uden overlap på noget tidspunkt, samt at omfanget af ledige arealer er reduceret.

I dag er der knyttet visse forventninger til Lean Construction (LC) som en produktionsfilosofi, der i analogi til LBS-metoden, har fokus på flow i produktionen. I forhold til aktivitetsbaseret planlægning er LBS-metoden og LC nytænkende i den forstand, at et byggeri opfattes som en produktionsopgave snarere end en opgave som består af en række aktiviteter, der skal udføres i en nærmere bestemt rækkefølge. LC har i de seneste år vundet en betydelig accept på byggepladserne, som et værktøj til forbedring af produktionsledelse. Da ressourceflow er et nøglebegreb i både LC og LBS er der grund til at antage, at LBS vil være en brugbar planlægningsmetode i forbindelse med Lean Construction.

3.5 Planlægning af indkøb og leverancer

I et af case-projekterne undersøgtes det, hvordan LBS kan benyttes til planlægning og styring af materialeleverancer, især med hensyn til indkøbs- og leveranceplanlægningen. Delprojektet afgrænsedes til primært at vurdere, hvordan nogle af de kritiske leverancer kan planlægges i forhold til produktionsplanlægningen med udgangspunkt i LBS.

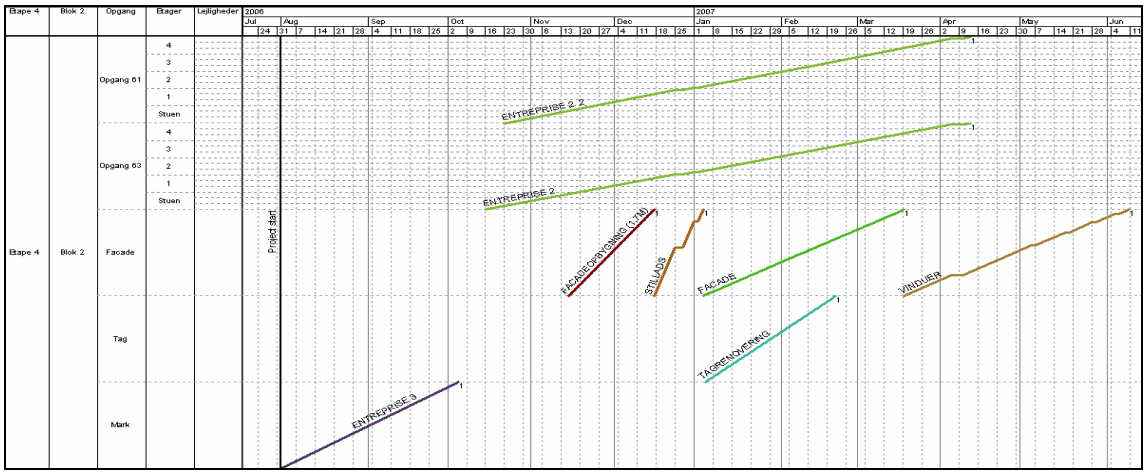
LBS bygger på fordeling af den arbejdsmængde, der indgår i en given aktivitet, på projektets arbejdsområder eller lokaliteter, typisk er en vurdering af arbejdsmængden baseret på mængden af medgående materialer. En LBS-baseret indkøbs- og materiale-

leveranceplanlægning kan altså tage udgangspunkt i de allerede opgjorte materialemængder fordelt på projektets lokaliteter. LBS-planen giver således umiddelbart et godt udgangspunkt for logistikplanlægningen.

På baggrund af det caseprojekt der fokuserede på indkøb og leveranceplanlægning kan det konkluderes, at en LBS-plan som udgangspunkt for leveranceplanlægningen giver flere fordele i relation til planlægning af leverancer, ekstern transport til byggepladsen samt intern transport og opbevaring, dels i form af et forbedret overblik over leverancetidspunkter i forhold til produktionen, dels en mere veldefineret lokalisering af de pågældende leverancer.

3.5.1 Et praktisk eksempel på indkøbs- og leveranceplanlægning

Der er i delprojektet blevet udarbejdet en indkøbs- og leveranceplan for tre hovedaktiviteter, nemlig facaderenovering, vinduer og renovering af tag. Figur 23 viser en oversigtsmæssig LBS-plan for delprojektet, hvor de tre valgte hovedaktiviteter indgår.



Figur 23: LBS-kopi af den oprindelige tidsplan for det aktuelle delprojekt

For hver af de nævnte hovedaktiviteter er der udarbejdet en mængdefortegnelse, en så kaldet ”Bill of Quantities”, omhandlende de betydende materialemængder. Mængdefortegnelsen danner forudsætning for, at der kan fremstilles en indkøbs- og leveranceplanlægning, der kan kobles til produktionstidsplanen. Med udgangspunkt i mængdefortegnelsen er det muligt at fordele materialerne på projektets forskellige lokaliteter.

Facaden i det aktuelle delprojekt er delt op i fem vandrette udsnit, svarende til etagerne for bygningen. Ud fra mængdefortegnelsen for facade-aktiviteten kan det ses, hvilke materialer og mængder der skal være til stede for hver etage, dvs. for de enkelte lokaliteter, se Figur 24.

			Etape 4:	Etape 4							
			Blok 2:	Blok 2							
			Opgang:	Opgang Opgang Tag	Facade						
			Etager:	1234 1234 ABC	Stuen	1	2	3	Tag		
	Code	Item	Consumption person hours/units	Costtype							Unit
1	Ram	rammer	0.5		24.5	24.5	24.5	24.5			NO.
2	AB	Alubeslag	0.5		78.5	78.5	78.5	78.5			NO.
3	VB	Vinduesbæringer	0.5		24	24	24	24			NO.
4	skod.bes.	skoddebeslag	0.5		106	106	106	106			NO.
5	skod.sk.	skoddeskinner	0.5		12	12	12	12			NO.
6	st.sk.	styreskinner	0.5			12	12	12			NO.
7	indd.	Inddækning	0.5			346	229	229			NO.
8	HP	Hatteprofiler	0.5			138	138	138			NO.
9	TS	Teak-skodder	0.5		3	3	3	3			NO.
10	SS	Sinusplade-skodder	0.5		9.5	9.5	9.5	9.5			NO.
11	BMF	Vinduesbæringer BMF-vimoplade	0.5		61	61	61	61			NO.
12	SM	Skruer, møtrikker mm.	0.2		1281	1281	1281	1281	1281		NO.
13	Iso	Isolering	0.5			184	184	184	73		M2
14	VS	Vindspærre	0.5			56	56	39.5	39.5		NO.

Figur 24: Mængdefortegnelse for Facade-aktiviteten

Indkøbs- og leveranceaktiviteterne planlægges, således at man tager udgangspunkt i produktionstidsplanen og finder det tidspunkt, hvor materialerne senest skal leveres. I indkøbs- og leveranceplanlægningen indgår således at estimere den tid, det vil tage for delmomenterne ”Afkald”, ”Kontrakt”, ”Vurdering af tilbud”, ”Send udbud”, og ”Indkøbsplanlægning”. Afkald er den aktivitet, hvor det konkret bekræftes over for leverandøren, at han skal levere en vis mængde af materialerne til pladsen på et bestemt tidspunkt. Kontrakten er den bindende aftale, hvor begge parter skriver under på, hvilke krav der stilles til såvel leverandøren som byggeledelsen. Tilbud er aktiviteten, hvor leverandøren kommer med en pris på, hvad omkostningerne bliver for byggeledelsen. Udbudsfasen er der, hvor den enkelte leverandør bliver kontaktet for at komme med et tilbud på de enkelte leverancer. I den oprindelige indkøbsplanlægning klargøres hvad der skal købes ind, hvilke mængder, hvilke kvaliteter mv.

Hierarchy	Code	Procurement task	Structure code	Quantity	Date required
-1		**Indkøb Facade**			**27-11-2006**
-1.1	Ram	rammer		98 NO.	27-11-2006
1.1.1		Facade->1		24.5 NO.	1-12-2006
1.1.2		Facade->2		24.5 NO.	14-12-2006
1.1.3		Facade->3		24.5 NO.	29-12-2006
1.1.4		Facade->Stuen		24.5 NO.	27-11-2006
-1.2	AB	Alubeslag		314 NO.	27-11-2006
1.2.1		Facade->1		78.5 NO.	1-12-2006
1.2.2		Facade->2		78.5 NO.	14-12-2006
1.2.3		Facade->3		78.5 NO.	29-12-2006
1.2.4		Facade->Stuen		78.5 NO.	27-11-2006
-1.3	VB	Vinduesbæringer		96 NO.	27-11-2006
1.3.1		Facade->1		24 NO.	1-12-2006
1.3.2		Facade->2		24 NO.	14-12-2006
1.3.3		Facade->3		24 NO.	29-12-2006
1.3.4		Facade->Stuen		24 NO.	27-11-2006

Figur 25: Udsnit af "Procurement task report" for facade-aktiviteten

Resultaterne af Indkøbs- og leveranceplanlægningen kan i planlægningsværktøjet Control™ blandt andet illustreres i en så kaldet ”Procurement task report”, se Figur 25, der viser datoer og mængde for materialeleverancerne til projektets forskellige lokaliteter. Projektets lokalitetsstruktur og lokalitetsfordelingen af indgående materialer udgør således fundamentet for leveranceplanlægningen og skaber forudsætninger for en fungerende intern materialestyring på byggepladsen. Materialerne kan ifølge planen, blive leveret til de lokaliteter, hvor der er behov for dem.

3.6 Forbedret projektkontrol

Det er væsentligt for styringen af byggepladsen at byggeledelsen har overblik over, hvor mange håndværkere, der skal være på pladsen, for at opretholde et jævnt arbejds- og ressourceflow. LBS-tidsplanen viser umiddelbart, hvor hvert arbejdshold burde være på et givet tidspunkt. I den sammenhæng bør det nævnes, at det fundamentale princip i

LBS-planlægning er, at enhver aktivitet skal færdiggøres helt på en given lokalitet, før arbejdsholdet bevæger sig videre til den næste lokalitet. Dette princip indebærer en ændring i forhold til den nuværende situation, hvor underentreprenørerne mere eller mindre får frit løb til at opfatte deres tidsplanlagte aktiviteter som tidsrammer, inden for hvilke de har lov til at udføre deres opgaver uden at tage hensyn til specifikke lokaliteter (se Conlin og Retik 1997 for flere detaljer om dette emne). Den utilstrækkelige hensyntagen til underentreprenørernes ressourcer i de oprindelige planer for de tre case-projekter viser, at planlægning af underentreprenørarbejde kan forbedres. Kankainen og Seppänen (2003) foreslår, at aftaler om betaling bør indeholde bestemmelser om, at betaling først finder sted, når arbejdet er færdigt på de enkelte lokaliteter, for at lægge pres på underentreprenøren, så arbejdet færdiggøres i den planlagte rækkefølge.

Seppänen and Aalto (2005) peger på, at forbedret tidsplanskontrol er en betydelig fordel ved brugen af LBS, herunder at LBS gør det muligt at vurdere konsekvenser af eventuelle afvigelser fra ugeplanen. Et interessant punkt i den forbindelse er påpeget af Kankainen og Kolhonen (2005), nemlig at masterplanen aldrig bør revideres som følge af afvigelser i ugeplanen, da dette blot vil skubbe problemerne til den kritiske afsluttende fase i projektet. Dette er imidlertid emner, der ikke er behandlet i case-projekterne.

Det pointeres i en SBi-rapport (Bertelsen og Hansen 2006), at den ringe kvalitet af det udførte arbejde har en direkte sammenhæng med manglen på kvalificerede sjak til de aktuelle opgaver. Stor udskiftning af folk i løbet af byggeperioden grundet den ringe planlægning udgør således et stort problem. Planlægges projektet ud fra LBS-metoden, hvor fokus er rettet mod et jævnt kontinuert arbejdsflow, er det nemmere at holde på det samme sjak gennem store dele af projektet og herigennem sikre en ensartet kvalitet af det samlede udførte arbejde.

3.6.1 Erfaringer fra delprojektet indenfor kvalitets- og betalingsstyring

Delprojektet, der drejede sig om at vurdere, hvordan LBS kan understøtte tilsyns-funktionen i et byggeprojekt, fokuserede især på kvalitetskontrol og produktions-opfølgning, idet det blandt andet undersøgtes, hvordan kritiske områder i bygge-projektet kan identificeres, hvordan resultatet af kvalitetskontrollerne kommunikeres i projektet, og hvordan LBS kan understøtte vurdering og måling af produceret mængde.

I de seneste 20 år er der blevet gjort en stor indsats i byggebranchen med hensyn til at indføre kvalitetskontrol. Det er almindelig praksis i dag, at der er udarbejdet kvalitets-kontrolplaner, og at der er en nedskrevet organisation og definerede procedurer for kvalitetssikringen. Alligevel er der fortsat mange kvalitetssvigt i byggeriet, hvilket påfører såvel kunderne som virksomhederne gener og omkostninger. Der er hermed naturligt kommet mere fokus på forebyggelse af svigt og forbedring af styringen af mangelafhjælpningen og på byggeledelsens rolle i den forbindelse.

Ved ”svigt” forstås her og i det følgende, at entreprenørens udførelse af arbejdet afviger fra, hvad der må forventes ud fra aftalen, dens forudsætninger, offentlige forskrifter og god byggeskik – uanset årsagen til denne fravigelse. Betegnelsen ”mangler” er jævnfør AB 92 forbeholdt de svigt, der er ansvarspådragende – f.eks. medfører krav på afhjælp-ning, udbedring for entreprenørens regning eller afslag.

Byggeledelsens opgave i relation til svigt og mangler har i princippet to sider, den ene er at undgå, at der forekommer svigt, den anden at identificere de forekommende svigt og sikre at disse udbedres – uanset om der formelt er tale om mangler.

For at kunne vurdere, hvorvidt LBS set fra byggeledelsens side er en hensigtsmæssig metode i forbindelse med kvalitets- og betalingsstyring, er det vigtigt at vurdere, om LBS er velegnet til:

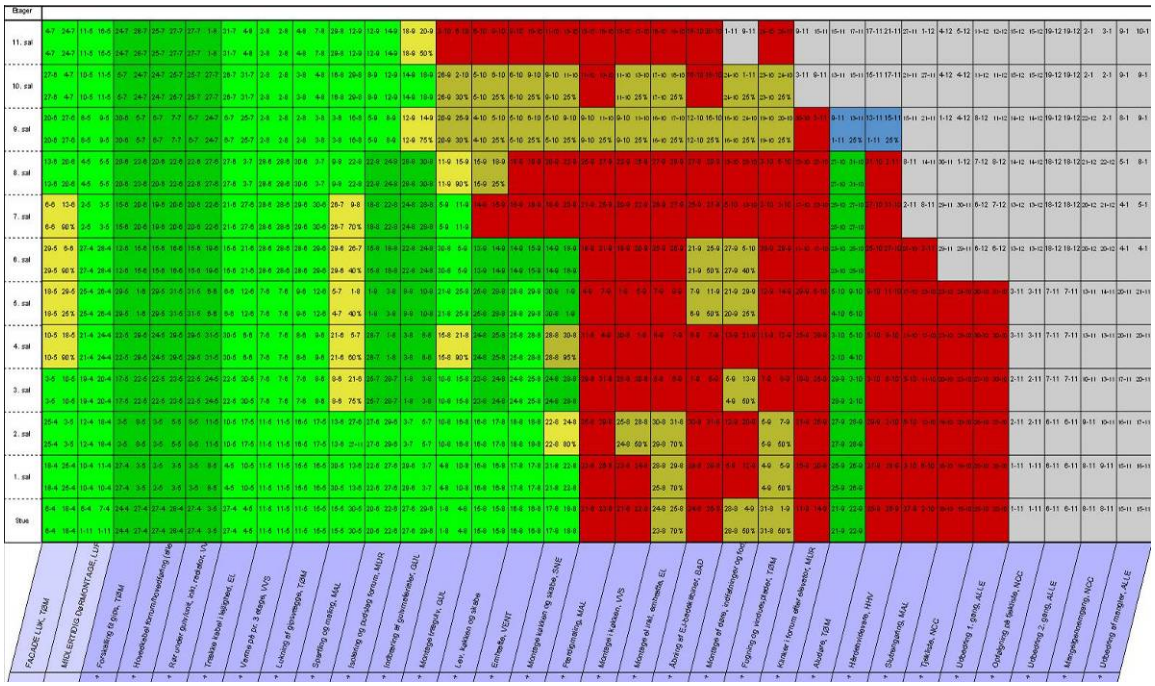
- at følge færdiggørelsesgraden af de enkelte dele af bygværket
- at synliggøre risikoområder, der kræver særlig opmærksomhed
- at understøtte tilsyn og mangelafhjælpning
- at koble kvalitets- og betalingsstyring

Dette er i det følgende illustreret og vurderet med udgangspunkt i caseprojektet ”Krageøen”.

Færdiggørelsesgraden

Det er erfaringsmæssigt vigtigt for kvaliteten, at håndværkerne gør arbejdet færdigt på en korrekt måde på de aktuelle lokaliteter. Byggeledelsen har derfor et behov for at kunne følge med i færdiggørelsen af de enkelte dele af bygningen.

På nedenstående Figur 26 er der med baggrund i den udarbejdede tidsplan vist det registrerede stade på byggepladsen d. 1.11.2006. Lokaliteterne er i nedenstående registreringsmatrice angivet som ”færdige”, ”delvis færdige” eller ”endnu ikke på-begyndte”. Hver enkelt aktivitet er tildelt en procentvis færdighedsgrad, som i Control™ interaktivt hænger sammen med betalingsstyringen. Staderegistreringen er foretaget manuelt på pladsen.



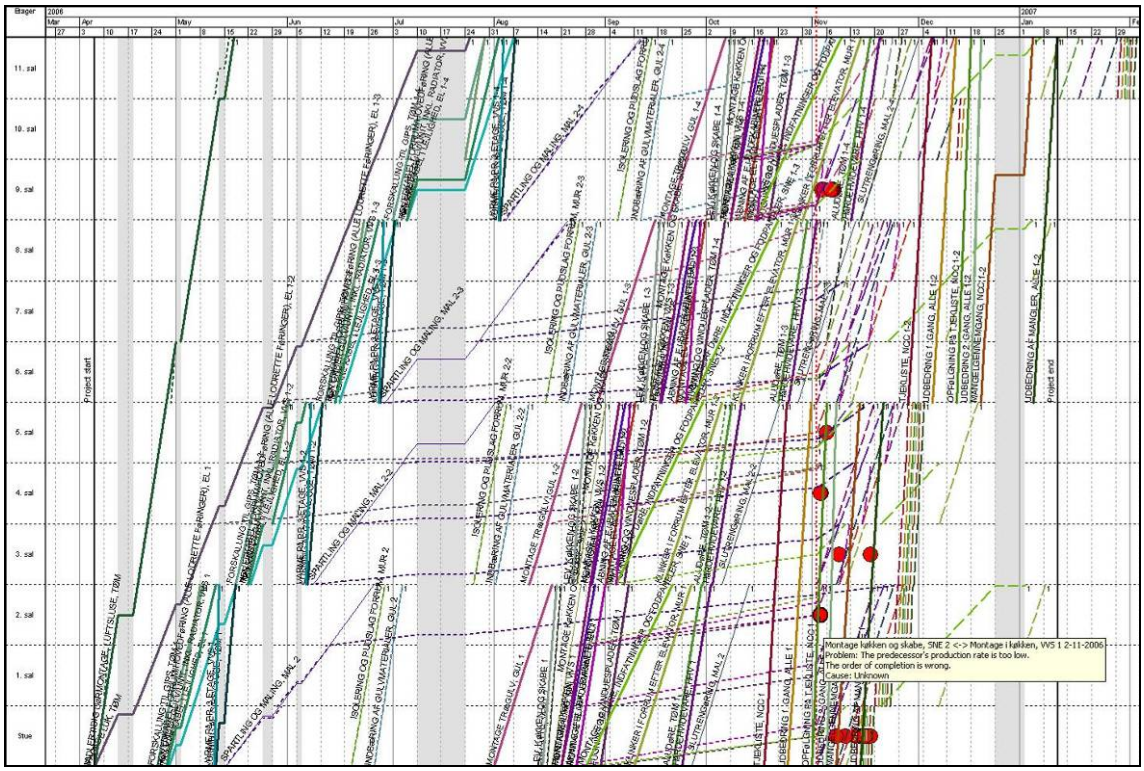
Figur 26: Illustration af registreringsmatrice med udgangspunkt i staderegistrering d. 1.11.2006

Det fremgår af Figur 26, at projektet er forsinket. Ved opstart af en aktivitet noteres en dato, og byggeledelsen kan herved følge den enkelte aktivitet og vurdere, om aktiviteten udføres i overensstemmelse med det planlagte. Det er muligt at indtaste små notater, som kan anvendes til at forklare evt. tidsmæssige afvigelser i forhold til hovedtids-planen. Dette gør det muligt at følge underentreprenørerne på tæt hold, fra lokalitet til lokalitet, samt at vise om arbejdet er gjort færdigt, før sjakket starter op på en ny

lokalitet. De tonede felter angiver de lokaliteter, der er ”frie”, dvs. de lokaliteter hvori den næste aktivitet kan opstartes, fordi de forudgående opgaver er afsluttet.

Kontrol og tilsyn med udført arbejde

Registreringsmatricen (Figur 26) kan danne grundlag for tilsyn og kontrol af de udførte arbejder, samt endvidere gøre det muligt at danne et billede, som viser konsekvenser ved forsinkelser i arbejdet (Figur 27). Figuren indikerer, hvor galt det i virkeligheden står til med projektet. Status på Figur 27 er, at projektet vil blive forsinket godt tre uger, såfremt der ikke igangsættes tiltag til afhjælpning af den nuværende situation.



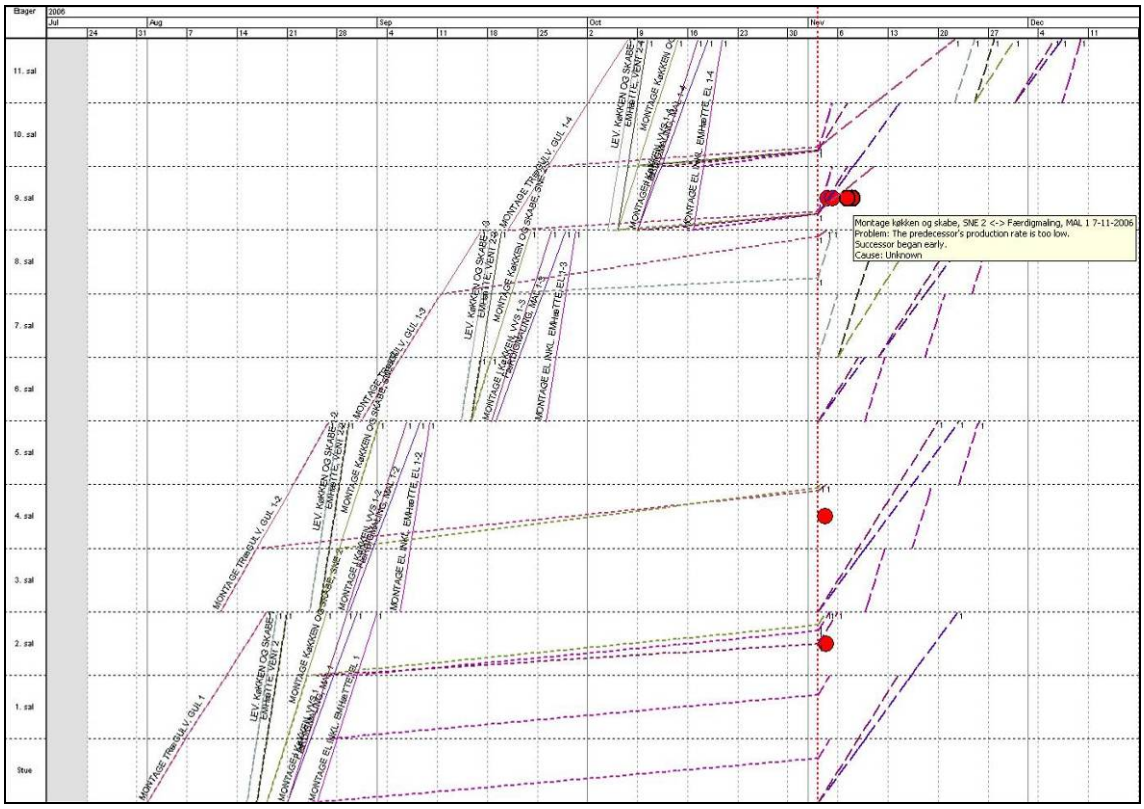
Figur 27: Illustration af følgekonsekvenser for nærværende projekt med udgangspunkt i staderegistrering d. 1.11.2006

De røde prikker i Figur 27 forudsiger konsekvenserne for de enkelte aktiviteter, hvis ikke der bliver taget hånd om dem. Det fremgår af meddelelsen, at arbejdsraten er for lav, og at der skal justeres på ressourcerne her, såfremt afleveringsdatoen skal overholdes.

Ved staderegistreringen blev det observeret, at montering af trægulve var den aktivitet, der især forvoldte projektet problemer (Figur 28). Nedenstående eksempel viser konsekvenserne for de fremtidige arbejder, som følge af forsinkelserne i montering af trægulve.

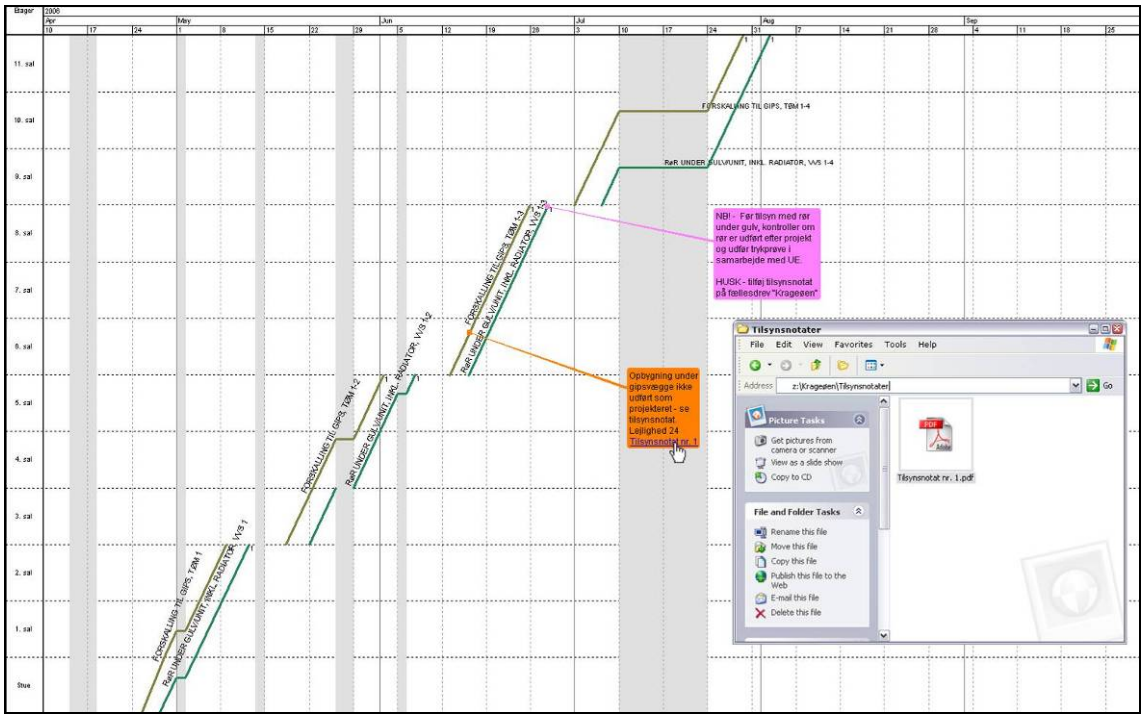
Med udgangspunkt i Figur 27 er det muligt at udpege de mest kritiske aktiviteter og at analysere disse i et nyt defineret ”vindue” med hensyn til de efterfølgende aktiviteter. Af det ”nye vindue” ses, at den forsinkede aktivitet allerede længe før registreringstidspunktet ikke var blevet udført planmæssigt, hvilket anskueliggør fordelen ved staderegistrering i et Flow-line diagram. Ved en regelmæssig registrering og kontrol af det udførte arbejde opnås et virkelighedsnært billede, som gør det muligt rettidigt at korrigere eventuelle forsinkelser. Som resultat af forsinkelsen vil det være nødvendigt med en 4-dobling af mandskabet i den efterfølgende periode for at indhente det tabte.

Tilsynsdatoer fremgår ikke af den eksisterende tilsynsplan. Dette medfører, at tilsynene ikke direkte er knyttet til den eksisterende tidsplan med risiko for, at tilsyn ikke udføres som planlagt. LBS-metoden skaber mulighed for at planlægge tilsyn af en aktivitet i en given lokalitet. Det er i Control™ 2007 således muligt at indsætte noter i tidsplanen med angivelse af de planlagte tilsyn. Det er ydermere muligt at "linke" en tegning til notatet, som illustrerer den korrekte udførelse. Som et eksempel herpå er der i Figur 29 indsat en bemærkning til byggeledelsen om at teste rørene under gulvene. Denne funktion åbner mulighed for en forstærket kvalitetsstyring.



Figur 28: Illustration af følgekonsekvens for montage af trægulve

I kvalitetssikringsøjemed er det væsentligt at kunne knytte tilsynsnotatet til særlige lokaliteter og datoer. Det er nødvendigt for en ordentlig kvalitetsstyring at indarbejde de såkaldte tilsynsnotater i tidsplanen. Som det fremgår af nedenstående (Figur 29), er det muligt at referere direkte til et tilsynsnotat i tidsplanen, som digitalt opbevares på et fællesdrev. Set i forhold til den digitale mangelliste, virker det ligeledes som et brugbart værktøj i praksis.



Figur 29: Illustration af milepæl for planlagt tilsyn samt noteanvisning for interaktiv dokumentstyring

I Control™ 2007 er det muligt at udtrække en ”Completion report” (Figur 30), hvoraf det er muligt at aflæse projektets egentlige totale stade i forhold til det planlagte. Som resultat af staderegistreringen kan der beregnes en procentsats, der fortæller byggeledelsen, at projektet burde have været 90 % færdigt på den registrerede dato. Imidlertid kan det aflæses, at byggeprojektet kun er 60 % færdigt, og at det dermed er 30 % bagud i forhold til det planlagte. Dette svarer til godt 53 arbejdsdage med den nuværende bemanding og arbejdsrate.

Hierarchy	Code	Name	Target			Completed			Difference		
			Start time	End point	Costs	End point	Duration	Costs	Start time	End point	Costs
+1	01	FACADE LUK, TØM	6-4-2006	24-7-2006	305 308		132	278 954	0		-26 354
+2	03	MIDLERTIDIG DøRMONTA	6-4-2006	16-5-2006	15 000	1-11-2006	21	15 000	-4	-169	0
-3	04	Forskalling til gips, TØM									
+3.1	04	FORSKALLING TIL GIPS, T	24-4-2006	28-7-2006	116 168	28-7-2006	35.8	116 168	0	0	0
-4	05	Hovedkabel forrum/hove									
+4.1	05	HOVEDKABEL FORRUMH	27-4-2006	27-7-2006	348 256	27-7-2006	24	348 256	0	0	0
-5	06	Trække kabel i lejlighed,									
+5.1	06	TRæKKE KABEL I LEJLIGH	27-4-2006	4-8-2006	905 464	4-8-2006	48	905 464	0	0	0
-6	07	Rør under gulvunit, inkl. r									
+6.1	07	RøR UNDER GULVUNIT, R	27-4-2006	1-8-2006	1 981 280	1-8-2006	36.2	1 981 280	0	0	0
-7	11	Isolering og pudslag forru									
+7.1	11	ISOLERING OG PUDSLAG	20-6-2006	14-9-2006	101 096	14-9-2006	28	101 096	0	0	0
-8	12	Indbæring af gulvmaterial									
+8.1	12	INDBæRING AF GULVMAT	27-6-2006	20-9-2006	368 000		55.6	345 000	0		-23 000
-9	08	Lukning af gipsvægge, TØ									
+9.1	08	LUKNING AF GIPSVæGGE	11-5-2006	7-8-2006	245 760	7-8-2006	12.1	245 760	0	0	0
-10	09	Varme på pr. 3 etage, VV									
+10.1	09	VARME På PR. 3 ETAGE,	11-5-2006	2-8-2006	32 000	2-8-2006	4	32 000	0	0	0
-11	10	Spartling og maling, MAL									
+11.1	10	SPARTLING OG MALING, I	15-5-2006	12-9-2006	779 876		128	640 148	0.1		-139 728
-12	22	Fugning og vinduespiskes									
+12.1	22	FUGNING OG VINDUESPIL	31-8-2006	26-10-2006	140 424		45	23 404	0		-117 020
-13	24	Afudere, TØM									
+13.1	24	ALUDøRE, TØM 1	21-9-2006	17-11-2006	197 656		18.3	152 360	0		-45 296
-14	23	Klinker i forrum efter elev									145 792
+14.1	23	KLINKER I FORRUM EFTER	11-9-2006	15-11-2006	145 792						0
-15	25	Hårdehvidevare, HHV									
+15.1	25	HåRDEHVIDEVARE, HHV	25-9-2006	21-11-2006	648 000		1	13 500	-37		-634 500
-16	21	Montage af døre, indfræser									
+16.1	21	MONTAGE AF DøRE, INDF	28-8-2006	9-11-2006	152 656		48	27 351	0		-125 305
-17	20	Åbning af EJ-badekabiner									
+17.1	20	ÅBNING AF EJ-BADEKABI	24-8-2006	20-10-2006	19 200		41	2 000	-13		-17 200
-18	18	Enhætte, VENT									
+18.1	18	EnHæTTE, VENT 2	16-8-2006	10-10-2006	392 400		27	245 250	0		-147 150
-19	14	Lev. køkken og skabe									
+19.1	14	LEV. KøKKEN OG SKåBE	15-8-2006	9-10-2006	551 280		40.6	356 035	0		-195 245
-20	19	Montage el inkl. enhætte,									
+20.1	19	MONTAGE EL INKL. EnHæ	24-8-2006	19-10-2006	139 304		51	30 183	1		-109 121
-21	13	Montage trægulv, GUL									
+21.1	13	MONTAGE TRæGULV, GL	1-8-2006	6-10-2006	628 152		67	492 052	0		-136 100
-22	15	Montage køkken og skabe									
+22.1	15	MONTAGE KøKKEN OG SI	17-8-2006	13-10-2006	551 280		55	333 065	0		-218 215
-23	16	Færdigmaling, MAL									
+23.1	16	FæRDIGMALING, MAL 1	21-8-2006	18-10-2006	550 344		18	11 402	-49		-538 942
-24	17	Montage i køkken, VVS									
+24.1	17	MONTAGE I KøKKEN, VVS	21-8-2006	17-10-2006	495 320		50	41 277	-3		-454 043
-25	27	Slutrengøring, MAL									271 688
+25.1	27	SLUTRENGøRING, MAL 2	27-9-2006	1-12-2006	271 688						0
-26	28	Tjekliste, NCC									0
+26.1	28	TJEKLISTE, NCC 1	18-10-2006	5-12-2006							0
-27	29	Udbedring 1. gang, ALLE									0
+27.1	29	UDBEDRING 1. GANG, ALL	25-10-2006	12-12-2006							0
-28	30	Opfølgning på tjekliste, N									0
+28.1	30	OPFøLGNING På TJEKLIST	1-11-2006	15-12-2006							0
-29	31	Udbedring 2. gang, ALLE									0
+29.1	31	UDBEDRING 2. GANG, ALL	6-11-2006	19-12-2006							0
-30	32	Mangelgennemgang, NCC									0
+30.1	32										0
-31	33										0
+31.1	33										0

Target degree of completion on date of report 88.2%
Overall degree of completion 57.2%
Difference in degree of completion -31.0%

Target degree of completion on date of rep
Overall degree of completion 57.2%
Difference in degree of completion -31.0%

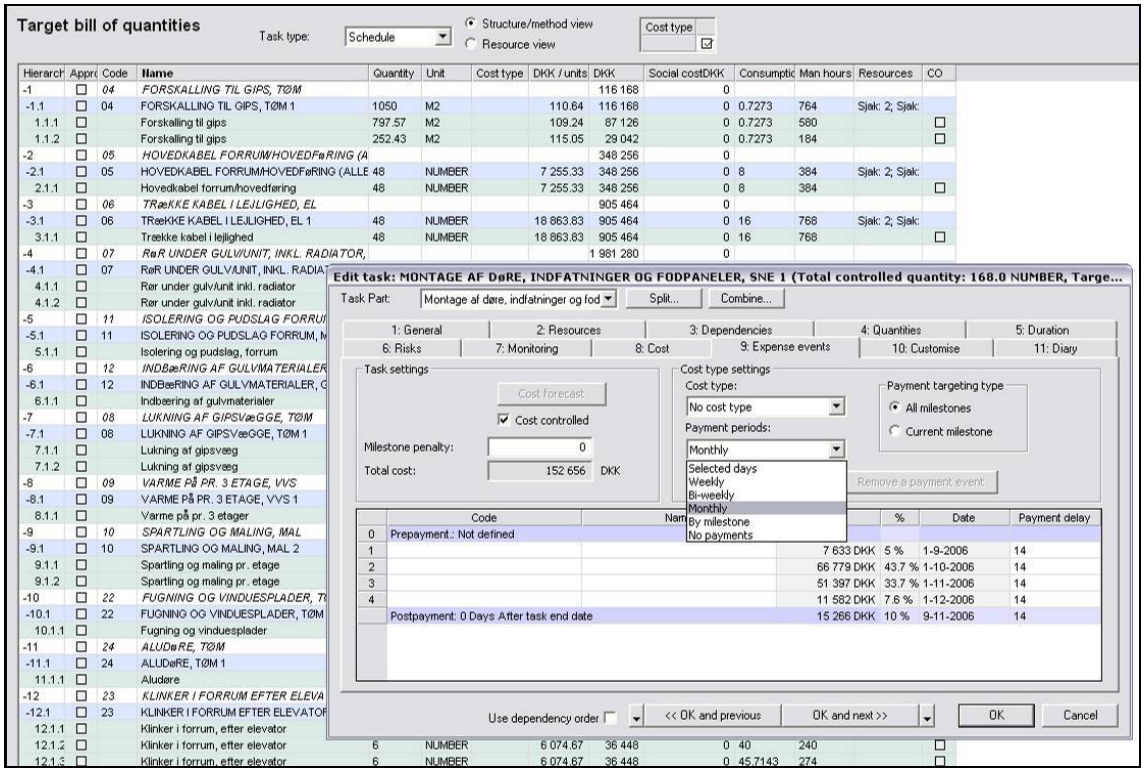
Figur 30: Illustration af statusrapport for færdighedsgrad

Rapporten viser projektets utilfredsstillende stade. Af højresiden i Figur 30 fremgår det, at der er udbetalt et langt mindre beløb til underentreprenørerne end planlagt som følge af forsinkelser i de enkelte aktiviteter.

Betalingsstyring

Samtidig giver LBS-tidsplanen et godt udgangspunkt for en realistisk stadevurdering, som igen kan kobles til betalingsplanen. Staderegistrering og betalingsplan gør det muligt at følge udviklingen i den oparbejdede værdi i projektet og dermed overvåge og kontrollere projektforløbet med hensyn til tid og penge.

På baggrund af de indtastede mængde- og prisdata, er det muligt vha. Control™ 2007 at udregne kostprisen iht. de udførte aktiviteter. Aktiviteterne er opdelt således, at der arbejdes på 3 etager ad gangen. Et billede af betalingsstyringen er vist i Figur 31. Den enkelte underentreprenør er sat til at få betaling efter udført arbejde iht. den oparbejdede værdi (med udgangspunkt i den før omtalte staderegistrering). Herudover tilbageholdes godt 10 % til mangelafhjælpning og til sikring af kvaliteten af det udførte arbejde. Yderligere er der indlagt en 14 dages forsinkelse på betalingerne ved 100 % udført arbejde på alle 12 etager. En forsinkelse af betalingen på 14 dage muliggør, at byggeledelsen eller tilsynsfunktionen får tid til at kontrollere det udførte arbejde iht. den aftalte kvalitet. Ved uoverensstemmelser kan udbetalingen tilbageholdes yderligere (Figur 31).

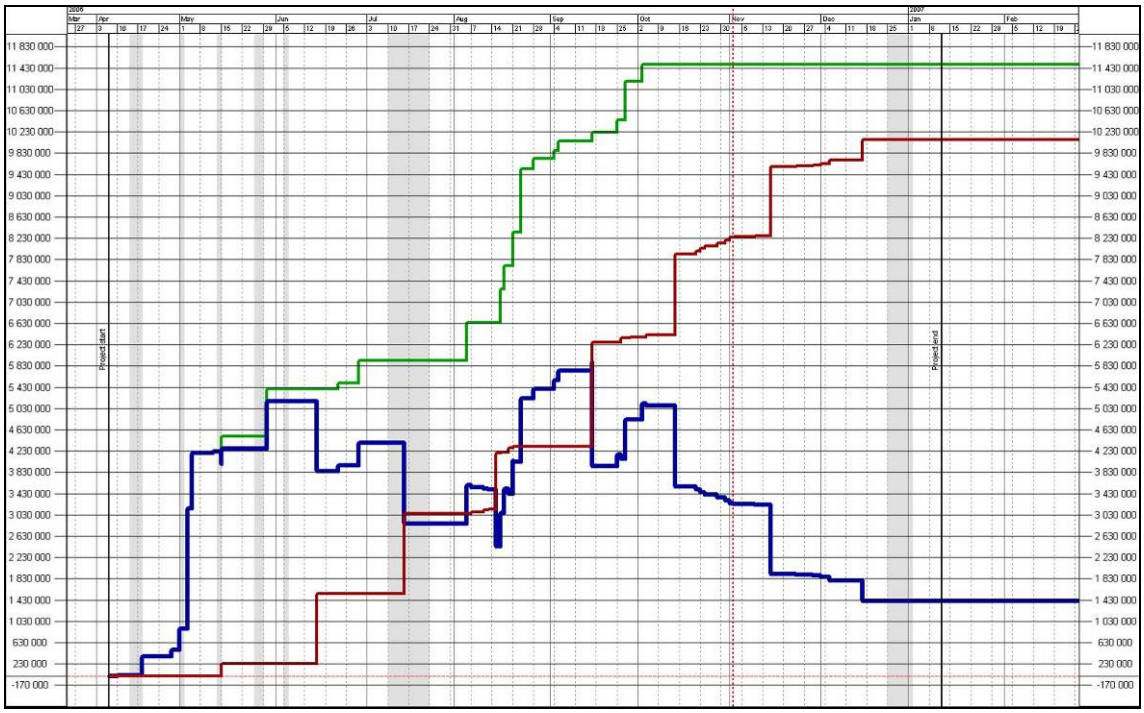


Figur 31: Illustration af betalingsstyring

Control™ 2007 kan styre betalingerne på forskellige måder, så en positiv pengestrøm kan opretholdes gennem projektet. Aktiviteterne kan styres individuelt afhængig af aftalen, der er indgået med de enkelte underentreprenører. Særligt risikobehæftede aktiviteter kan derved styres ved betaling ud fra milepæle samt ved at tilbageholde større beløb, som først udbetales, når arbejdet er konstateret endeligt færdigt. Et sådan betalingsstyringssystem understøtter kontrol og styring af betaling af de enkelte fagentreprenører iht. det udførte arbejde. Kvalitetsniveauet kan herigennem bedre

styres, når underentreprenøren først modtager sin betaling, når arbejdet står færdigt med den aftalte kvalitet.

Det øgede fokus på lokaliteterne øger muligheden for at styre større udgifter knyttet til aktiviteter, som har speciel betydning for opretholdelse af en positiv pengestrøm. Ovenstående betalingsstyring er vist i Figur 32, som illustrerer pengestrømmen gennem apteringsfasen.



Figur 32: Illustration af pengestrømmen for nærværende projekt

Afsluttende kommentar til kvalitets- og betalingsstyring

Med udgangspunkt i det aktuelle byggeprojekt (Krageøen) og et litteraturstudie omfattende LBS-metoden samt litteratur vedrørende tilsyn, mangelafhjælpning, aflevering og oparbejdet værdi, kan det i nærværende projekt konkluderes at LBS-metoden er anvendelig i planlægningen af byggeprojekter. Med Control™ 2007, som IT-værktøj, bliver kvalitets- og betalingsstyring en overskuelig opgave, der med fordel kunne have fundet anvendelse på et dansk byggeprojekt. Detaljeringsgraden, der planlægges efter, gør det muligt at styre underentreprenører økonomisk på en overskuelig måde. Disse opgørelser genereres automatisk efter indtastning af projektets stadeopgørelse til forskellige tider.

Byggeledelsen får endvidere et fungerende værktøj til at illustrere overfor fagentreprenørerne, hvor stor effekt selv en lille forsinkelse kan få for det endelige byggeprojekt. Control™ 2007 gør det muligt at forudsige konsekvenser ved forsinkelser og foreslår løbende forbedringer samt indikerer eventuelle fremtidige risikoområder. Det har vist sig muligt at planlægge et tilsyn, og dernæst formidle dette resultat af tilsyn videre til den øvrige byggeledelse, samt indlægge såkaldte milepæle for fremtidige tilsyn eller kontrolaftaler.

Det er i planlægningsfasen også muligt at identificere særligt udsatte lokaliteter, hvor flere fag krydser hinanden, og herved undgå sammenstød under produktionen. Ved duplikationen af Krageøens tidsplan, kunne Control™ 2007 identificere en række over-

lappende aktiviteter, der krævede den dobbelte bemanding. Derudover kunne antallet af aktiviteter reduceres fra godt 140 til 31 med et langt bedre overblik til følge.

Med registreringsmatricen har byggeledelsen til stadighed et overordnet indblik i de enkelte aktiviteters flow iht. det planlagte. Der er derfor mulighed for hurtigt at gribe ind ved problemers opståen. Aflevering og mangelgennemgang synes ikke at ville blive påvirket negativt ved brug af LBS-metoden. Tværtimod sikrer Control™ 2007 et konstant fokus på den planlagte aflevering. Det har dog vist sig at være vigtigt med et klart fokus på afleveringsforretningen ca. 5 uger før den er planlagt afholdt, da mange arbejder har det med at forskyde sig og derved spise af den udbedringsperiode, der egentlig var planlagt til mangelgennemgang.

Dog må det konkluderes at opbygningen af en tidsplan i Control™ 2007 og den videre kontrol, tager udgangspunkt i en manuel staderegistrering, hvis korrekthed afspejles i den efterfølgende analyse af projektet, hvilket stadig er forbundet med nogle usikkerheder.

4 Konklusion

Afprøvningen af LBS-metoden på tre byggeprojekter har vist at LBS medfører fordele for byggeledelsen i forbindelse med planlægning og kontrol af byggeprojekter. Byggeledelsen fremhæver især tre områder, hvor der er væsentlige fordele i forhold til den hidtil anvendte planlægning baseret på CPM-planlægning og Gantt-diagrammer. For det første giver LBS et forbedret overblik over projektets tidsplan via det Flow-line diagram, det er muligt at optegne, ikke blot giver Flow-line diagrammet bedre forståelse af tidsplanen, men det giver også bedre grundlag for kommunikation med underentreprenører og andre involverede parter i projektet. For det andet understøtter LBS-planlægningen et kontinuert arbejds-flow af ressourcer på arbejdsområder, samtidig med, at man undgår overlappende arbejde på samme lokalitet og uudnyttede arbejdsområder. For det tredje giver LBS forbedrede muligheder for kontrol af udført arbejde på det enkelte arbejdsområde.

Det er således gennem de tre cases bekræftet at LBS medfører nogle væsentlige fordele for byggeledelsen. Dette stemmer godt med de resultater, der er rapporteret fra tidligere studier af f.eks. Kenley (2004), Seppänen og Alto (2005) og andre. Projektet noterer også, at planlægningsværktøjet Control™ har vist sig velegnet til planlægning med LBS-metoden.

De vanskeligheder med anvendelsen af LBS-metoden, der blev identificeret var enten LBS-specifikke eller mere situationsbestemte. Anvendelsen af LBS kræver introduktionen af nye begreber og tilgange til tidsplanlægningen samt egnede softwareredskaber, hvilket i starten giver byggeledelsen nye udfordringer. En anden vanskelighed, som er konstateret, hænger sammen med en mangel på et sammenhængende og standardiseret informationssystem, som vil kunne lette anvendelsen af LBS-software. Det kan dog konstateres, at en mængdefortegnelse ikke er et absolut krav for anvendelsen af LBS eller det specifikke software, som er anvendt, men det er klart, at en mængdefortegnelse vil gøre det muligt at koordinere tidsplanen med f.eks. indkøbsplanlægning, leveranceplanlægning og logistik på byggepladsen på en mere effektiv måde.

5 Referencer

Arditi, D, Tokdemir, O B and Suh, K (2001) Effect of Learning on Line-of-Balance Scheduling. *International Journal of Project Management*, **19** (5), 265-277.

Bertelsen, N. H. og, Hansen, E. J. (2006) Realisering af Vision 2020, Bilagsrapport til SBi 2006:14

Conlin, J and Retik, A (1997) The Applicability of Project Management Software and Advanced IT Techniques in Construction Delay Mitigation. *International Journal of Project Management*, **15** (2), 107-120.

Kang, L S, Park, C and Lee, B H (2001) Optimal schedule planning for multiple, repetitive construction process. *Journal of Construction Engineering and Management*, **127** (5), 382-390.

Kankainen, J. og Kolhonen, R. (2005) The schedule planning and control of a construction project. Rakennustieto Oy. Helsinki, Finland.

Kankainen, J and Seppänen, O (2003) A Line-of-Balance Based Schedule Planning and Control System. *In*: *11th Annual conference on Lean Construction*, 22-24 July, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, USA. International Group of Lean Construction.

Kenley, R (2006) Location-based Management. *In: 31st AUBEA Conference*, 11-14 July, The School of the Built Environment, University of Technology Sydney, Australia. Australasian Universities Building Educators Association (AUBEA)

Kenley, R (2004) Project Micromanagement: Practical site planning and management of work flow. *In: 12th Annual Conference on Lean Construction*, 3-5 August, Elsinore, Denmark. International Group of Lean Construction.

Mendez, R and Heineck, L (1998) Preplanning Method for Multi-Story Building Construction Using Line-of-Balance. *In: 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 13-15 August, Guaruja, Sao Paulo, Brazil. International Group of Lean Construction.

Nielsen, F. (1972) Cyklogram som arbejdsplan, Statens Byggeforskningsinstitut 1972, SBI-anvisning 91.

Seppänen, O and Aalto, E (2005) A Case Study of Line-of –Balance Based Schedule Planning and Control System. *In: 13th Annual conference of Lean Construction*, Sydney, Australia. International Group of Lean Construction.

Soini, M, Leskelä, I and Seppänen, O (2004) Implementation of Line-of-Balance based Scheduling and Project Control System in a Large Construction Company. *In: 12th Annual conference of Lean Construction*, Elsinore, Denmark. International Group of Lean Construction.

Bilag

Bilag 1: Krageøen

Bilag 2: Vejleåparken

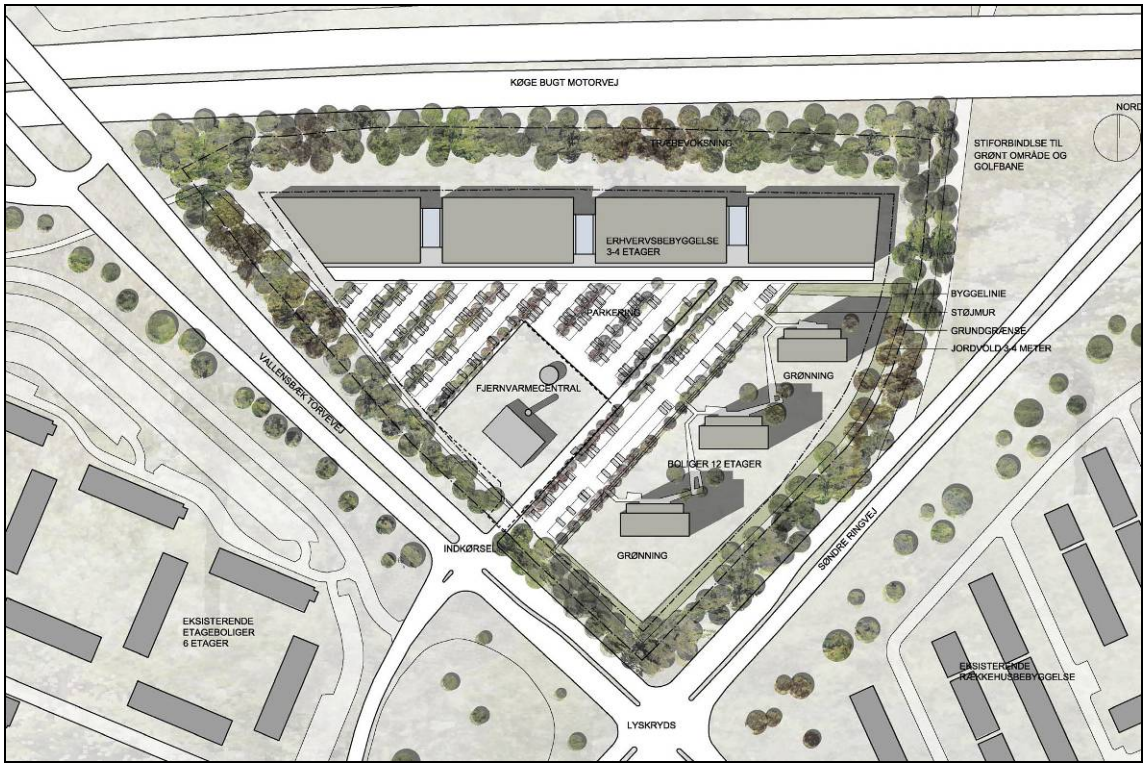
Bilag 3: Firkløverparken

Bilag 1: Krageøen

Dette kapitel omhandler en beskrivelse af byggeprojektet Krageøen.

Introduktion til Krageøen

NCC Construction Danmark A/S (NCC) har, som flere andre større entreprenør-virksomheder, været på udkig efter ledige byggegrunde med henblik på at udvikle egne development-projekter. Som følge heraf er opkøbt en byggegrund i Vallensbæk (Krageøen), der ligger i nærheden af S-togs stationen og Søndre Ringvej (Figur 33).



Figur 33: Situationsplan for Krageøen

Tanken med det oprindelige projekt var at opføre erhvervsboliger bl.a. begrundet i de gunstige trafikale forhold omkring grunden. Projektet kunne dog ikke finde nogen køber. Grunden blev efterfølgende opkøbt af investeringsselskabet Essex Invest A/S (Essex), som ønskede opført tre ens boligkomplekser (Essex Park Vallensbæk Strand).

Etageejendommene vil blive opført som betonelementbyggeri i 11 etager med kælder. Det færdige projekt vil bestå af 1/3 lejeboliger og 2/3 ejerboliger. Flertallet af boligerne vil, til den ene side, have udsigt til Køge Bugt.

Bygningerne vil sammen skabe et markant arkitektonisk fikspunkt for det centrale Vallensbæk. Totalt set bygges 144 boliger med et samlet boligareal på 13.500m^2. Byggeriet forventes færdigt medio 2007.

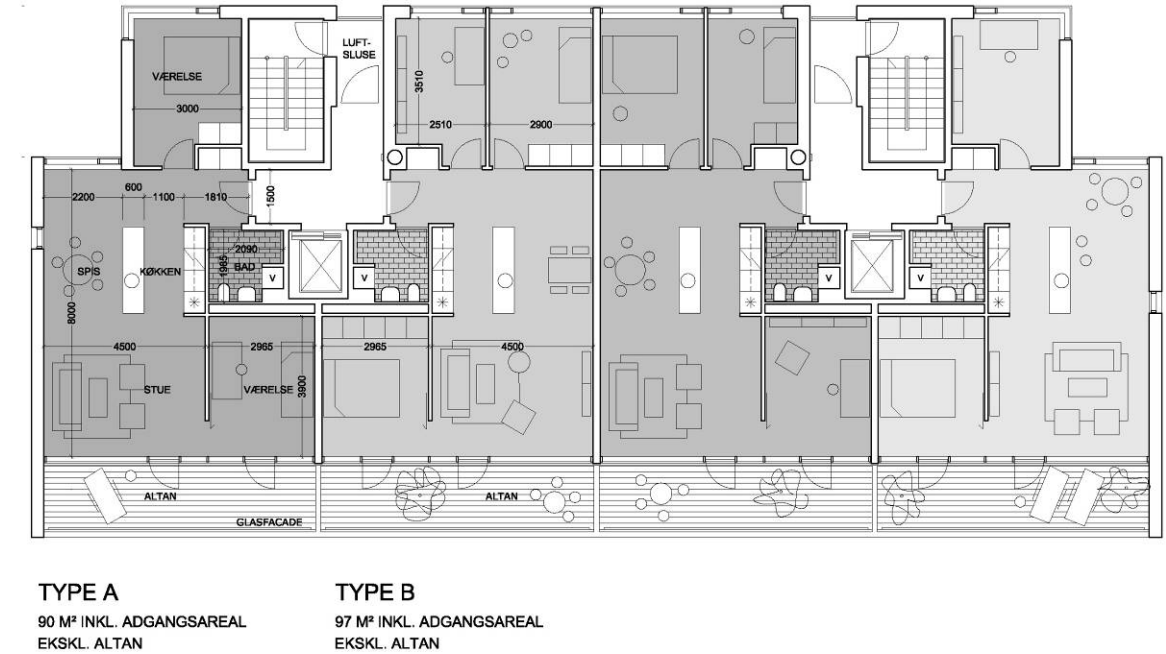
Byggeriet har et rustikt og enkelt udtryk. De meget stramme linjer, som går igen etage for etage, vil sammen med de sparsomme farvenuancer (hhv. en grå- og en hvid nuance,

som er resultatet af en afsyring af hhv. sort og hvid beton) skabe et tidløst men elegant byggeri. Gavlene er kun sparsomt dekoreret med smalle rektangulære vinduer, som tilsammen vil danne en vertikal sinuskurve.

Frontfacaden har vinduesbånd trukket på langs af hele bygningen afbrudt af en brystning af beton (Figur 34). Vinduesbåndene skaber med deres blanke overflader en flot kontrast til den mere ru betonoverflade. Facaden mod Søndre Ringvej er opbygget som en alu/glas-konstruktion, og fremstår som en hel glasfacade.

Figur 34: 3D visualisering af færdigt byggeri

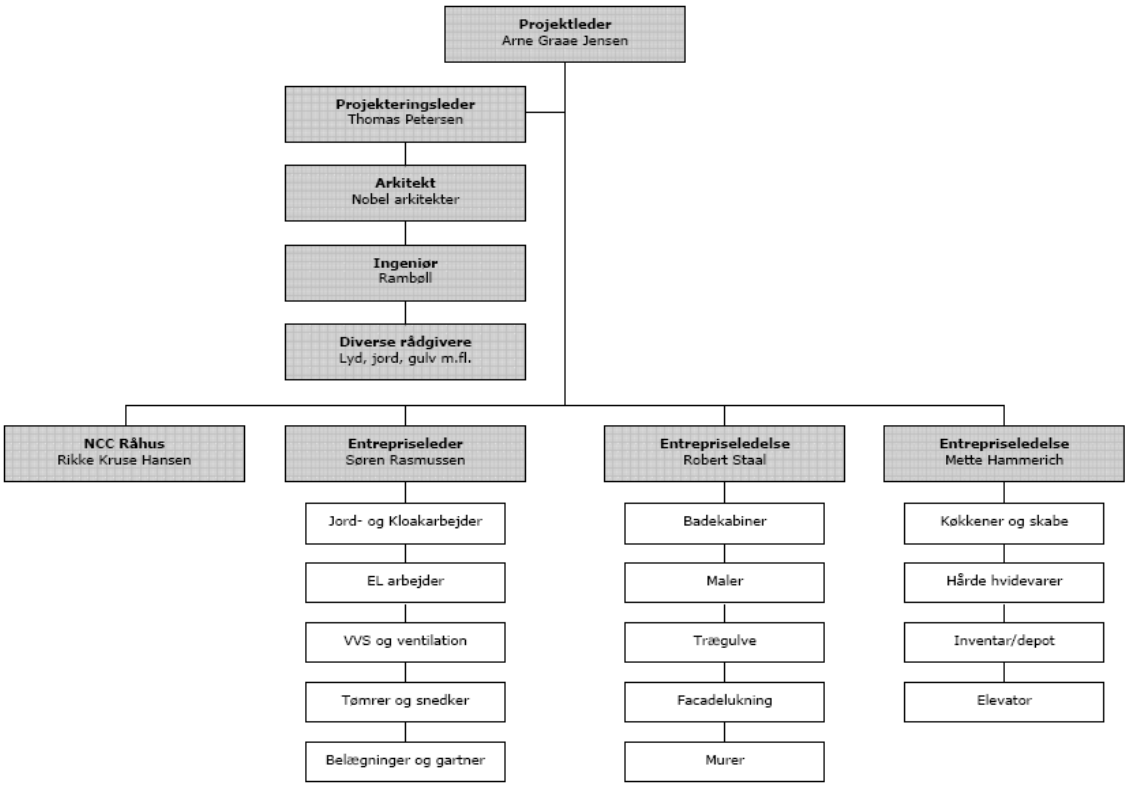
Kigger man på den indvendige aptering, er anvendt prisbillige materialer som laminat-bordplader og to gange fuldspartling på væggene. Der er ikke tilvalgsmuligheder for de mange lejligheder. Den manglende mulighed for tilvalg vil ligeledes forsimple byggeprocessen, da der med tilvalg kan opstå uforudsete problemer med leverancer o. lign., der kan volde store problemer og komplicere produktionen. Lejlighederne opføres i to typer på hhv. 90 og 97m^2 udover en altan, hvilket reducerer antallet af arbejds-processer til et minimum. De præfabrikerede badekabiner blev indbygget under råhus-montagen, så her kræves blot en tilslutning af VVS og EL. Hovedstrømmen er ført op ude i fællesområdet, hvilket medfører, at elektrikere, ventilations- og VVS folk kan arbejde uafhængigt af hinanden. Herunder ses en plantegning af de øverste etager samt nogle 3D billeder af modeller for det færdige byggeri (Figur 35).



Figur 35: Plantegning og indvendige 3D visualiseringer

Organisation

Byggeprojektet har NCC som totalentreprenør med Rambøll og Nobel Arkitekter som rådgivere. NCC har valgt at opdele projektet i tre etaper - en etape for hver ejendom. Igangsættelsen af de enkelte etaper er tidsforskudt med 2 måneder. På projektet har byggeledelsen valgt at styre produktionen ud fra Lean Construction konceptet, som betyder, at de enkelte fagentreprenører tildeles et stort medansvar for byggeriet.



Figur 36: Organisationsdiagram

På ovenstående organisationsdiagram (Figur 36) har NCC deres egenproduktionsenhed Råhus tilknyttet. Dette sikrer en bedre kommunikation mellem byggeledelsen og de enkelte håndværkere. Organisationen på dette byggeprojekt er topstyret, som ligeledes fremgår af Figur 36. Dette kan få indflydelse på kommunikationsflowet, hvor flere led skal involveres, før en endelig beslutning kan træffes. På den anden side er bred kommunikation en vigtig faktor for en organisation og ikke mindst i relation til Krageøen, hvor der er entreret med mange forskellige underentreprenører. Et godt kommunikationssystem giver byggepladsen større effektivitet, højner moralen og forbedrer samarbejdet. Medarbejdere er mere motiverede til at yde deres bedste, når de forstår baggrunden for de trufne beslutninger, der har indflydelse på de enkelte arbejdsområder.

God kommunikation på byggepladsen kan opnås ved at benytte forskellige kommunikationsteknikker, der kan antage karakter af ”ansigt til ansigt” hhv. massekommunikation. På Krageøen bliver der eksempelvis indgået aftaler via ugentlige byggemøder. På trods heraf er der konstateret brister i kommunikationen, og ikke alle aftaler er til dato blevet overholdt.

Underentreprenører og tilhørsforholdet

Byggeledelsen har i et udbudsbrev anført kriterier for, hvorledes entreprenører og leverandører ville blive valgt og vurderet. Eksempelvis kan valget af underentreprenør ske på baggrund af pris, omfang af tilbud, kompetence, virksomhedens størrelse og lignende.

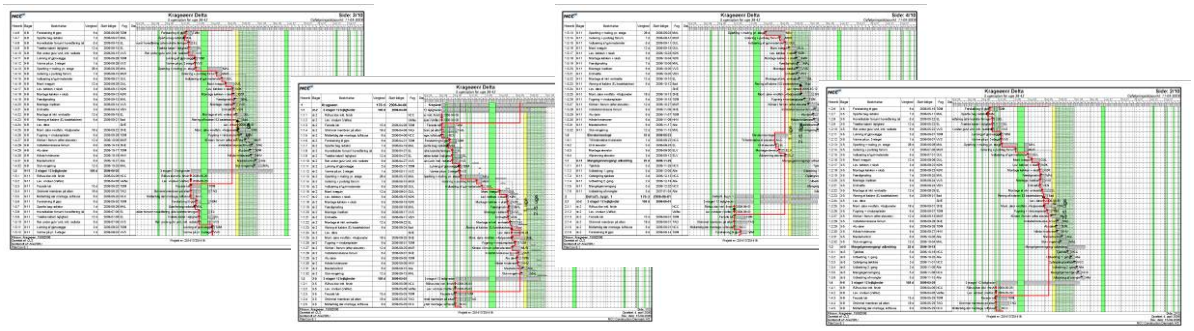
Herunder er opstillet en liste over de samarbejdsparter, der er valgt på Krageøen, samt udvalgskriterier (Figur 37).

Funktion	Virksomhed	Valgkriterium
Bygherre	Essex Invest A/S	Samarbejdspartner igennem mange år med relation til flere andre boligsager.
Ingeniør	Rambøll Danmark A/S	Samarbejdspartner igennem mange år og den foretrukne ingeniør.
Arkitekt	NOBEL Arkitekter A/S	God samarbejdspartner, bygbare huse
Jord og kloak	P. Bodilsen A/S	På baggrund af pris
Beton	NCC Råhus	Egenproduktion
EL	Alpha Electric A/S	Bedst på pris og ressourcer
VVS	Fredensborg VVS	God samarbejdspartner
Tømrer	Hustømrerne A/S	Bedst på pris og ressourcer
Vinduer	Hustømrerne A/S	Bedst på pris og ressourcer
Snedker	Hustømrerne A/S	Bedst på pris og ressourcer
Tag	Phønix tag	God samarbejdspartner
Elevator	Schindler	Billigste pris
Køkken	Lifa Design	Billigste pris
Trægulve	Anchers Gulvservice	Billigste pris
Altanlukning	Haakons Alu Aps	God samarbejdspartner
Maler	Svend Aage Sørensen	Billigste pris
Ventilation	Gunnar Kristensen VVS	Billigste pris
Murer	Ole Larsen Aps	Billigste pris
Smed	A. Gilbro A/S	Billigste pris
Badekabiner	EJ Badekabiner A/S	God samarbejdspartner

Figur 37: Kriterier for valg af samarbejdspartner

Tidsplanen

Byggesagens hovedtidsplan er et resultat af en workshop, der blev afholdt i opstarten af produktionen, og hvor alle implicerede parter var repræsenteret. Idéen med tidsplanen er at færdiggøre 3 etager ad gangen for herved at opnå en flydende produktion. Planen er illustreret herunder (Figur 38):



Figur 38: Illustration af tidsplanen for Krageøen

Som det fremgår af ovenstående, er det kun apteringsfagene, der er repræsenteret. Tidsplanen bliver flittigt benyttet i det daglige arbejde, hvilket bl.a. indebærer opdatering samt opfølgning på forsinkede aktiviteter.

Hvad angår aflevering, er estimeret 6-8 ugers afhjælpning af kontrollister og mangellister. Der er indarbejdet 2 kontrollister og 1 mangelliste, hvilket indikerer, at der er fokus på aflevering allerede fra projektets opstart.

Tidsplanen bliver især anvendt under Lean construction møder, hvor forhindringslister gennemgås. Ligeledes gennemgås en 5-ugersplan med fokus på projektets egentlige stade.

Økonomi og byggedata

NCC har bedt om diskretion omkring økonomien, hvilket nærværende projekt selvfølgelig har måttet acceptere. Der er derfor på baggrund af udleverede slutark beregnet fiktive priser på de enkelte apteringsarbejder. Herunder ses det udarbejdede fiktive slutark (Figur 39):

Emne	Total kostpris pr. emne	Kostpris pr. etage
Murerentreprise		
Isolering og pudslag for-rum	101.097,00	9.190,64
Klinker i for-rum	145.790,00	13.253,64
Sum	246.887,00	22.444,27
Gulventreprise		
Indbæring af gulvmaterialer	368.000,00	33.454,55
Montage af trægulv	628.150,00	
Sum	996.150,00	33.454,55
Badekabiner		
Åbning af badekabiner	19.200,00	1.745,45
Sum	5.019.200,00	456.290,91
VENT-entreprisen		
Emhætte	392.400,00	35.672,73
Sum	392.400,00	35.672,73
Tømrerentreprisen		
Facadeluk	305.308,00	27.755,27
Midlertidig dørmontage	15.000,00	1.363,64
Forskalling til gips	116.170,00	10.560,91
Lukning af gipsvægge	245.760,00	22.341,82
Montage af døre, indf. og fodp.	152.654,00	13.877,64
Fugning og vinduesplader	140.425,00	12.765,91
Aludøre	197.654,00	17.968,55
Sum	1.172.971,00	75.899,27
EL-entreprisen		
Hovedkabel i forrum	348.255,50	31.659,59
Kabler i lejligheder	905.464,30	82.314,94
Montage el inkl. emhætter	139.302,20	12.663,84
Sum	1.393.022,00	126.638,36
VVS-entreprisen		
Rør under gulv	1.981.280,00	180.116,36
Varme	32.000,00	2.909,09
Montage i køkken	495.320,00	45.029,09
Sum	2.508.600,00	228.054,55

Køkken- og skabsentreprisen		
Levering af køkken og skabe	551.280,00	50.116,36
Montering af køkken og skabe	551.280,00	50.116,36
Sum	1.102.560,00	100.232,73

HHV-entreprisen		
Levering og montering	648.000,00	58.909,09
Sum	648.000,00	58.909,09

Malerentreprisen		
Spartling og maling	779.874,15	70.897,65
Færdigmaling	638.078,85	58.007,17
Slutrengøring	76.720,00	6.974,55
Sum	1.494.673,00	135.879,36

Figur 39: Illustration af fiktivt udarbejdet slutark

Der er indregnet et DB (dækningsbidrag) på 14 %, da det er dette beløb NCC Bolig skal tjene ved boligsager.

Betalingen af underentreprenørerne for projektet sker individuelt. Underentreprenørerne vil derfor kræve betaling ud fra individuelle kriterier, hvad enten det måtte være, når en vis procentdel af arbejdet er udført, eller når egne månedlige regnskaber gøres op. Byggeledelsen udskriver delvise betalinger på baggrund af den procentvise færdighedsgrad, som bliver noteret under Lean construction møderne. Dog vil en registrering af det faktisk udførte arbejde afgøre, hvorvidt den enkelte underentreprenør er berettiget til sin betaling, eller om pengene skal tilbageholdes, indtil kvaliteten af det udførte arbejde opfylder den kontraktuelle standard. Der tages særlige forbehold for nogle entrepriser, som kan indeholde risiko for store ekstra omkostninger ved fejl. I sådanne tilfælde udbetales et mindre beløb, når en milepæl nås, hvorefter den resterende del af beløbet først udbetales, når arbejdet er endeligt udført. Byggeledelsen bliver af bygherren betalt på månedsbasis. En positiv pengestrøm gennem hele projektet kræver derfor, at udgifterne ikke overstiger indtægten. Ved at tilbageholde procentdele af udgifterne sikres, at uforudsete ekstra omkostninger ved fejl af en underentreprenør kan betales ved at fratrække beløbet fra den sum, som han mente sig berettiget til at få udbetalt.

Mængderne fra Krageøen er beregnet ud fra tilbudslister og tegningsmateriale. Herunder ses resultatet af mængdeberegningen for de første 3 etager (Figur 40):

Item	Stue	1. sal	2. sal	Unit
Aludøre	8	8	8	number
Emhætte	4	4	4	number
Facade luk, vinduer og alu	142	122	122	m2
Forskalling til gips	140	165	165	m2
Fugning og vinduesplader	15	18	18	m
Færdigmaling	1200	1200	1200	m2
Hovedkabel forrum/hovedføring	4	4	4	number
Hårde hvidevarer	16	16	16	number
Indbæring af gulvmaterialer	123	133	133	m2
Installationskasse forrum	2	2	2	number
Klinker i forrum, efter elevator	30	17	17	m2
Isolering og pudslag, forrum	30	17	17	m2
Lev. køkken og skabe	4	4	4	number

Lukning af gipsvæg	140	165	165	m2
Midlertidig dørmontage, luftsluse	6	6	6	m2
Montage af døre, indfatninger og fodpaneler	22	24	24	number
Montage el inkl. emhætte	4	4	4	number
Montage af vvs i køkken	8	8	8	number
Montage køkken og skabe	54	50	50	number
Montage trægulv	246	266	266	m2
Rør under gulv/unit inkl. radiator	22	26	26	Number
Slutrengøring	4	4	4	Number
Spartling og maling pr. etage	1200	1200	1200	m2
Trække kabel i lejlighed	4	4	4	number
Varme på pr. 3 etager	1	1	1	number
Åbning af EJ-badekabiner	4	4	4	number

Figur 40: Illustration af mængdeberegningsskema til brug i Control™ 2007

Tilsyn på pladsen

For tilsynet på pladsen er udarbejdet en tilsynsplan, som angiver hvilke risikoområder, hvor tilsyn under udførelsen er påkrævet. Tilsynsplanen har angivet omfanget af kontrollen, med præcisering af, hvor og hvor ofte der skal føres tilsyn samt den ansvarlige for den givne kontrol. For dele af tilsynet er tilknyttet ekstern ekspertise, hvor byggeledelsens egne faglige kompetencer ikke slår til (Figur 41).

Risikohåndtering **Kundetilfredshed** **Løbende forbedring**

NCC

TILSYNSPLAN

Nr.	Emne	Refe-rence	Metode	Omfang	Tidspunkt	Acceptkriterium	Dokumentation	Hvem / Ansvar
	Fugning / stopning		Visuel kontrol	10 vinduer pr. bolk	De første 2 i f.m. stopning og fugning 3 vilkårlige efter afsluttet stopning 3 vilkårlige efter afsluttet fugning	Skal være udført i h.t. Arkitektens specificerede krav, samt anvisninger fra Jordan Akustik	Godkendelsesnotat	SRU/Jordan
	Altanfacade (Alu)							
	Altanfacade (Alu)		Visuelt kontrol af Statik fra Haakons Alu	1 gang	Før montagestart	Skal kunne klare de forudsatte belastninger, vind, bevægelser i bygning m.v.	Godkendelsesnotat	RST/ Rambøll
	Trægulve							
	Opstrøning		Visuel kontrol Målekontrol	Førstegangskontrol + 2 yderligere kontroller pr. blok	Når den første lejlighed er udlagt med strøer	Strøafstande i h.t. anvisning (Se leverandør) Opklodsninger korrekt type og afstand Afstande fra væg respekteres. Kotekontrol i fht. forrum og badekabinegulv	Godkendelsesnotat fotos	AGJ/ Midt-Consult
	Gulvbrædder		Visuel kontrol	Førstegangskontrol + 2 yderligere kontroller pr. blok	Når 50% af den første lejlighed er lagt	Afstande til væg og rør respekteres Fastgørelse i h.t. anvisning Afdækning fuldtapet i samlinger	Notat og evt. fotos	AGJ/ Midt-Consult
	Tagdækning							
	Befæstigelsesplan		Visuelt gennemsyn	1 gang	Før montagestart	Kontrolleres for tilstrækkelig fastgørelse	Notat fra Rambøll/godkendelse på planen	RST / Rambøll

Figur 41: Illustration af et eksempel fra udbudskontrolplan fra Krageøen

Tilsynet på pladsen registreres ved billeddokumentation med dato og en dertil hørende beskrivelse af iagttagelsen. Tilsynsnotaterne bliver opbevaret på digital form, så de nemt kan videregives til den ansvarlige part og følges op på (Figur 42).

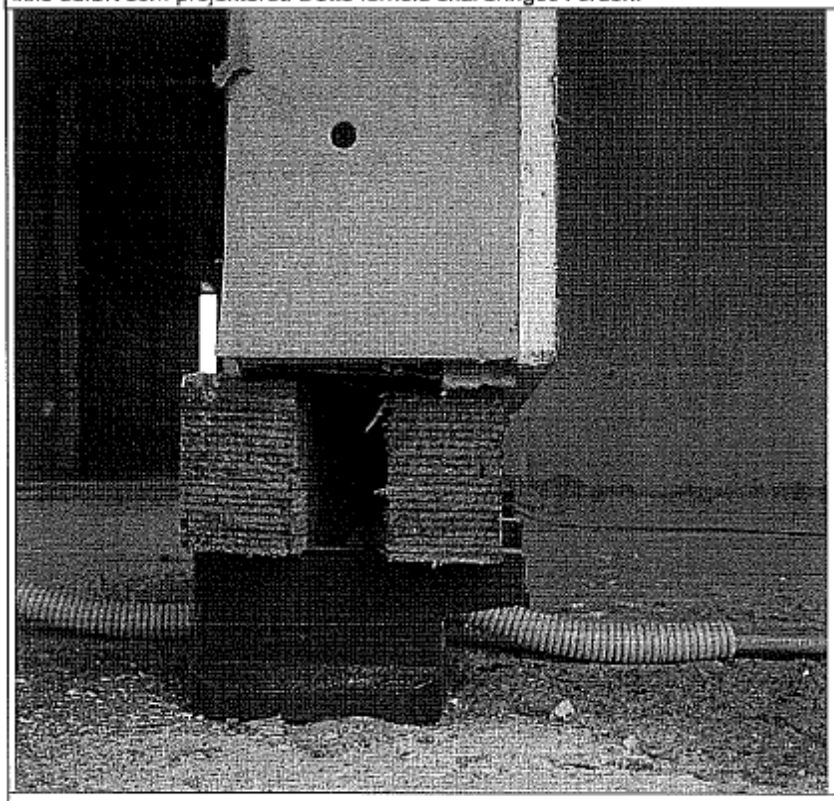
NCC

TILSYNSRAPPORT

Projektnavn: [redacted]	Projektnr.: [redacted]	Udfyldt dato: 08-06-2006
Afdeling: [redacted]	Projektleder: [redacted]	Udfyldt af: [redacted]
Entreprise / ident.: Tømrerarbejde	Gruppe:	Rapport nr.: 1
Evt. bilag:		

Emne / henvisning til tilsynsplan:

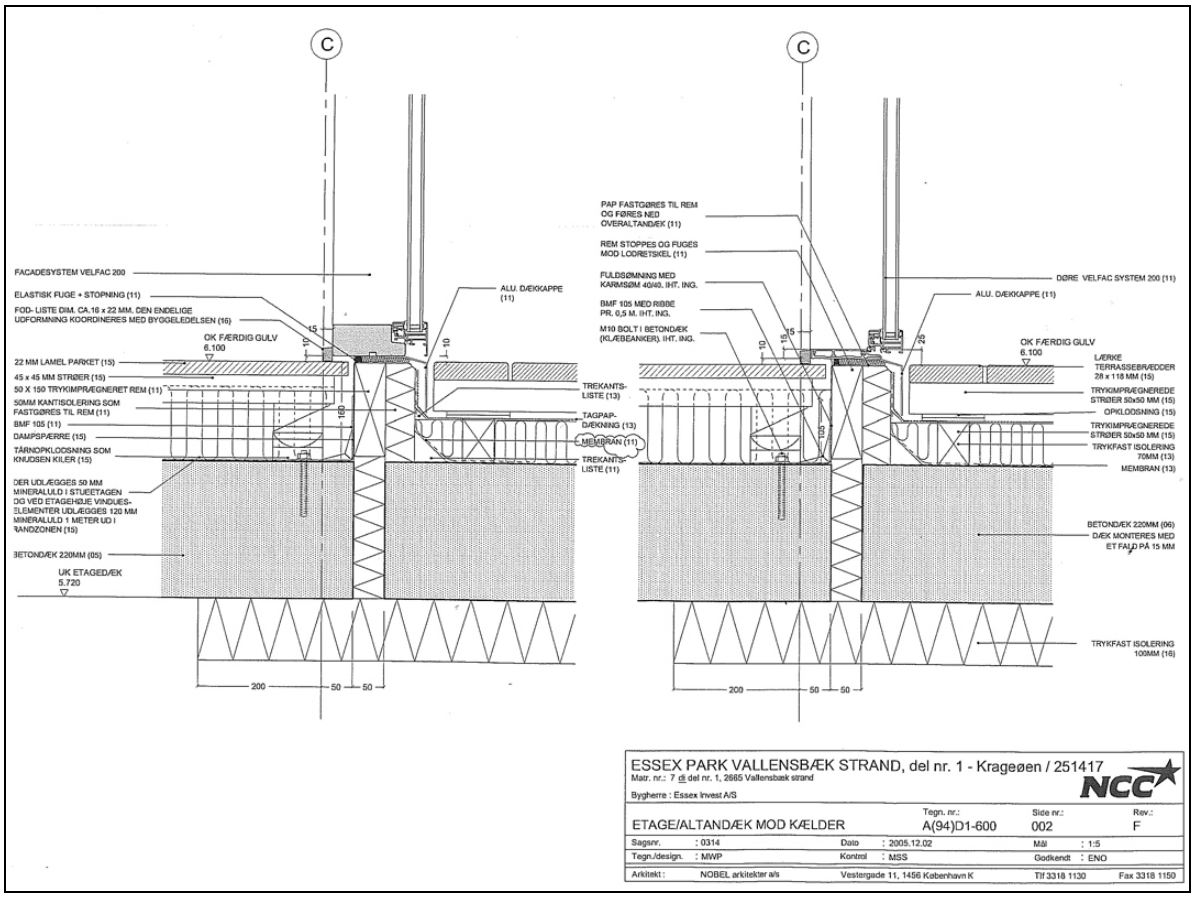
Observation / bemærkning / aftale: Som det ses af nedenstående billede er opbygning under gipsvægge ikke udført som projekteret. Dette forhold skal bringes i orden.



Tilsyn (Dato / initialer): 08-06-2006	**Evt. Entreprenør** (Dato / initialer):

Figur 42: Illustration af tilsynsnotat fra Krageøen

Der er for projektet indarbejdet en lille detalje, som umiddelbart kan synes irrelevant, men som dog har stor værdi for tilsynet samt i relation til problematikken omkring grænseflader ved udbud. På detaljetegningerne er påført numre på bygnings-materialerne, som angiver den ansvarlige underentreprenør. Dette initiativ blev indført som kontrol ved udbudet for at sikre, at særligt grænseflader mellem en eller flere underentreprenører blev præciseret, og at der kun var én ansvarlig for det pågældende arbejde (Figur 43).



Figur 43: Tegningseksempel fra Krageøen

Byggeledelsen foretager på den øvrige produktion stikprøve-kontroller, så den kontraktuelle kvalitet kontrolleres og overvåges jf. den kontraktuelle kvalitetsstandard. Udover udbudskontrolplanen er der også for hver entreprise udarbejdet en mere specifik beskrivelse af de individuelle delarbejder. Hver underentreprenør er pålagt at føre egenkontrol, som på foranledning skal kunne fremvises for såvel byggeledelse som bygherre. Sidstnævnte kontrol har til formål at sikre, at en given underentreprenør står inde for kvaliteten af eget arbejde, gennem udførelsen af den påkrævede kontrol.

Fremgang i projekt kontrolleres manuelt som en daglig rutine for byggeledelsen samt på såkaldte ugentlige Lean construction møder, som endvidere indebærer udarbejdelse af den næste 5-ugers plan. Denne plan anvendes som et værktøj til at planlægge de næste arbejder samt at følge op på eventuelle forsinkelser og fejl i projektet. Fremgangen i projektet registreres under mødet i form af en procentvis færdighedsgrad, som indarbejdes i 5-ugers planen. Der anvendes en såkaldt 25 procentsats, hvilket betyder, at et arbejde ved opstart får noteret 25 % udført. Tallet korrigeres så efterfølgende i takt med, at arbejdet skrider frem.

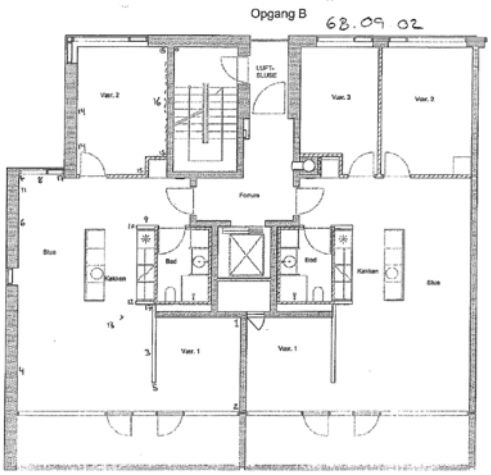
Mangelafhjælpning

På trods af, at de bygger ejerboliger, har NCC Bolig kun een kunde (bygherren, Essex Invest), som det færdige byggeri skal afleveres til. Dette kan både være en fordel og en ulempe, da Essex Invest er en professionel bygherre, som er bevidst om, hvilken kvalitet han kan kræve. Dette vil dog resultere i et ensartet kvalitetsniveau for alle lejlighederne. Herunder ses en mangelliste udarbejdet efter ”bips” digitale mangelliste, som anvendes på byggepladsen (Figur 44):

Krageøen
Projektadresse: Vallensbæk Strand
Underbygget af: MHC

Digital Mangelliste
Gældende for: Mangelliste
Dato: 2006-10-24

Lnr.	Enhed	Placering	Reference	Mangelbeskrivelse	Mærket af	Identificeret dato	Entreprenør	Afhjælp udbedringsdato	Status for mangel	Kommentar
1	Vær 1	68.09.02		Skydedør mangler - komplet inkl. karm + kappe	Bygherre	2006-10-24	SNE	2006-10-27	Afventer	
2	Vær 1	68.09.02		Endetræ males på fodpaneler og fejelister	Bygherre	2006-10-24	SNE	2006-10-27	Afventer	
3	Vær 1	68.09.02		4-5 Ridser og 2 hakker i gulv (med badekabine)	Bygherre	2006-10-24	GULV	2006-10-27	Afventer	
4	Vær 1	68.09.02		små luftpore langs samling i betondæk + i notekarm + bule i not (loft)	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
5	Vær 1	68.09.02		Sorte fingre på væg (mod stue), efter forsøg på skydedørsmontage	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
6	Vær 1	68.09.02	1	Maling dækker ikke i hjørne (loft)	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
7	Vær 1	68.09.02		Blyantstreger på fodpaneler fjernes	Bygherre	2006-10-24	SNE	2006-10-26	Afventer	
8	Vær 1	68.09.02	2	Sorte fingre på væg ved altan vindue	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
9	Vær 1	68.09.02		Luftpore i loft (maling) langs vindue overkant	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
10	Vær 1	68.09.02		Rengøring af front vinduesskærm til venstre for altandør	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-31	Afventer	
11	Vær 1	68.09.02		Slagmærke i bundkarm (vinduesparti)	Bygherre	2006-10-24	TØM	2006-10-27	Afventer	
12	Vær 1	68.09.02		Sidekarm på fast vindue skal males (Ru - ikke dækkende malet)	Bygherre	2006-10-24	TØM	2006-10-27	Afventer	
13	Vær 1	68.09.02		Sort skygge på loft (maling dækker ikke)	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
14	Vær 1	68.09.02		Hak i not ved væg mod stue fjernes	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
15	stue	68.09.02		Vinduesskærme skal rengøres bedre	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-31	Afventer	
38	stue	68.09.02		Radiator skal fastgøres / fikseres omkring ben	Bygherre	2006-10-24	VVS	2006-10-27	Afventer	
16	stue	68.09.02		Fuger mellem vinduespartier (altan) rengøres eller laves om	Bygherre	2006-10-24	TØM	2006-10-27	Afventer	
17	stue	68.09.02		Bule i alubundstykke (terrassedør)	Bygherre	2006-10-24	TØM	2006-10-27	Afventer	
18	stue	68.09.02		Endetræ males på fodpaneler ved altandør og skydedør	Bygherre	2006-10-24	SNE	2006-10-27	Afventer	
19	stue	68.09.02	3	Skrue i fodpanel sidder løst ved kontakt (panel slutter ikke til væg)	Bygherre	2006-10-24	SNE	2006-10-25	Afventer	
20	stue	68.09.02		Loft mod vinduesparti spartels / males bedre	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
21	stue	68.09.02		Sorte fingre på væg til højre for vinduesparti (ved loft)	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	
22	stue	68.09.02		Forsøgt fugning ved ende af dæklliste ved loft skal laves om	Bygherre	2006-10-24	SNE	2006-10-27	Afventer	
23	stue	68.09.02		Gulv knirker ved radiator mod altan	Bygherre	2006-10-24	GULV	2006-10-27	Afventer	
24	stue	68.09.02	4	Slagmærke i fodpanel til højre fra stik	Bygherre	2006-10-24	SNE	2006-10-27	Afventer	
25	stue	68.09.02		For mange luftpore i not mellem betondæk (loft)	Bygherre	2006-10-24	MAL	2006-10-30	Afventer	Undersøg MBK



Figur 44: Illustration af den Digitale mangelliste fra Krageøen

Bilag 2: Vejleåparken

Dette bilag giver en beskrivelse af projektet Vejleåparken med særlig henblik på indkøb af materialer og logistik.

Introduktion til Vejleåparken

Vejleåparken er en del af 60'ernes og 70'ernes montage-byggeri. Det nuværende byggeprojekt omhandler en omfattende renovering af byggeriet.

Det, der er galt i Vejleåparken, er:

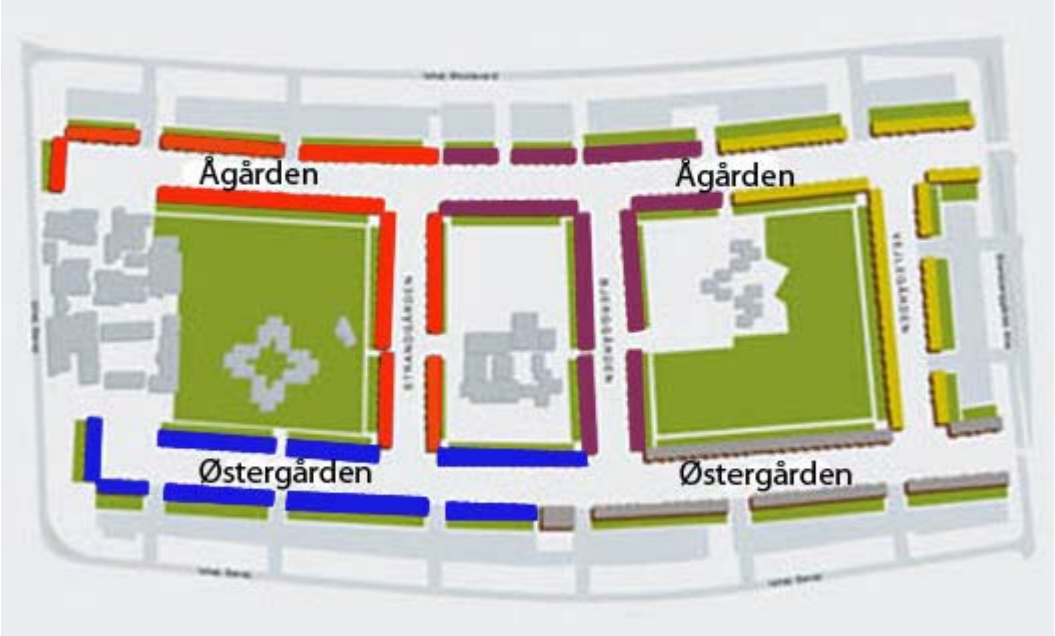
- Overfladerne på badeværelserne er matte af kalk. Gulvene "gynger" ustabilt, gulv-afløb revner.
- Vinduerne er utætte. Isolationsevnen er for ringe, hvilket kan aflæses på varme-regningen.
- Tagene er stærkt nedbrudt af vejrpåvirkninger. Plastic-tagrenderne er slidt.
- Facaderne har frostskader, og jernarmeringen inde i betonen ruster.
- Opgangene er mørke, mange beboere føler sig utrygge om aftenen
- Vandrørene er så gennemtærede, at der er risiko for vandskader inden for fem år.
- Hyblerne er for små og i for ringe stand til moderne beboelse.
- Når hyblerne lægges sammen, er der behov for flere ungdomsboliger.
- Der er for få boliger, der er egnede for ældre og gangbesværede.
- Udearealerne er slidt ned, gadeforløbene er monotone og uden identitet.

Det skal der ske:

- Moderne badeværelser med fliser, klinker og gulvvarme installeres.
- I forbindelse med renoveringen af facader udskiftes vinduerne.
- Der lægges nyt tag. Plastictagrenderne og -nedløbsrørene udskiftes med nye i zink.
- Facaderne fornyes med mursten og forskellige former for træ og metal.
- Der bliver bygget lysere opgange med større ruder i, så man kan se folk inde- og udefra.
- Vandrør udskiftes.
- Hyblerne bliver slået sammen til to-værelses ungdomsboliger i to etager.
- Nye ungdomsboliger opføres.
- Der opføres nye ældrevenlige boliger med elevator i en ny tagetage.
- Gader og pladser renoveres.

Figur 45: Vejleåparken

Byggeprocessen løber til og med 2008. Den er delt op i fire etaper, som kan ses tegnet ind på kortet.



Figur 46: Kort over Vejleåparken

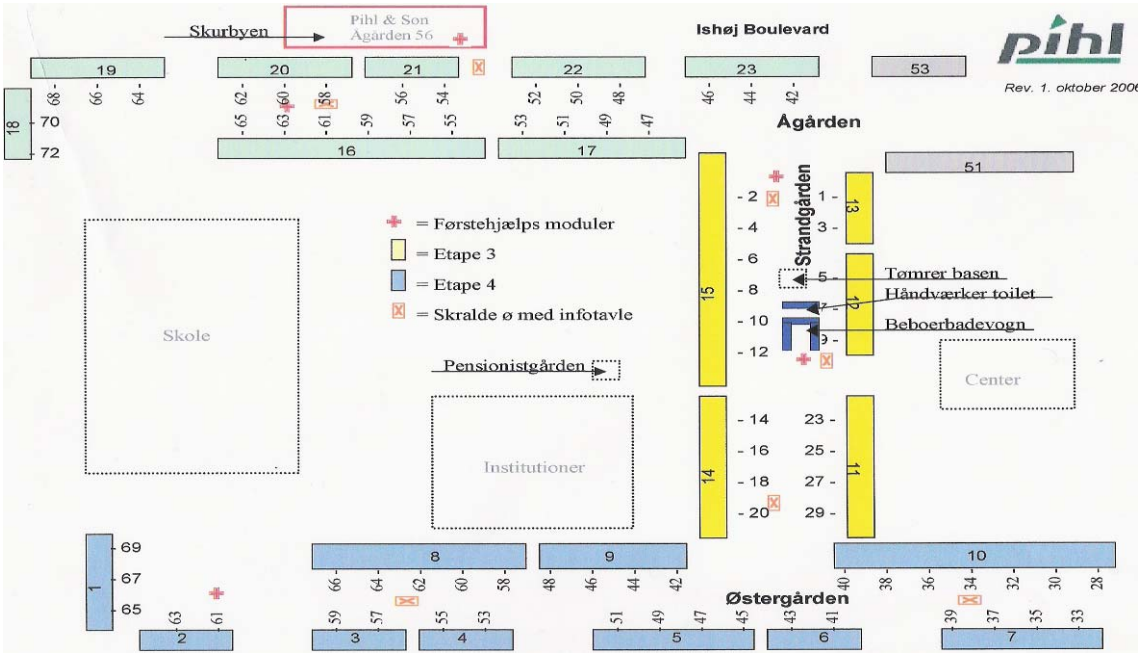
- etape er indtegnet med gul
- etape er indtegnet med lilla
- etape er indtegnet med rød
- etape er indtegnet med blå

Følgende skal renoveres:

- Udvendige arbejder (Entreprise 1) – omfatter facade- og tagrenovering
- Indvendige arbejder (Entreprise 2) – omfatter blandt andet renovering af bad og toilet
- Terræn og kældre (Entreprise 3) – omfatter bl.a. rydning af have- og gårdside – diverse ændringsarbejder i kælderen mv.

Herunder gives der en kort beskrivelse af hvilke aktører der er i byggeriet, samt hvilke roller de besidder.

Byggeprojekt	Vejleåparken, Ishøj
Myndigheder:	Ishøj kommune, Teknisk Forvaltning
Byggesagsnavn:	AAB, Afdeling 55 – Vejleåparken Etape 4”
Bygherre:	AAB, Afdeling 55 v/Arbejdernes Andel- Boligforening
Totalrådgiver og Arkitekt:	DOMUS arkitekter a/s
Rådgivende Ingeniører:	Wissenberg- Rådgivende Ingeniør, F.R.I og Wormslev Rådgivende Ingeniør a/s
Hovedentreprenør:	E.Pihl & Søn a/s
Entreprise 1 og 2:	E.Pihl & Søn a/s
Entreprise 3:	Landskabsarkitekt Charlotte Skibssteds Tegnestue



Figur 47: Situationsplan

AAB, Afdeling 55 v/Arbejdernes Andel- Boligforening og E.Pihl & Søn a/s renover byggesagen Vejleåparken Etape 4", bestående af 10 blokke fordelt på adresserne fra Østergården 28 til 69. Af de 10 blokke er der i alt 280 stk. familieboliger og 105 stk. hybler.

Familieboligerne og hyblerne er fordelt således:

Familieboliger

- 44 stk. 2-rums boliger
- 68 stk. 3-rums boliger
- 140 stk. 4-rums boliger
- 28 stk. 5-rums boliger

Hybler
Der skal renoveres sammenlagt 105 stk. hybler. Disse hybler laves om til to sammenlagte 1-rums boliger. Således at første og anden etage sammenlægges til en bolig.

Budgettet ligger på ca. 400 millioner af etape 3 og 4. Dette projekt omhandler kun om etape 4, og dermed er etape 3 ikke nærmere beskrevet i det følgende afsnit.

Renoveringen af etape 4 påbegyndes ultimo september 2006, og forventes at afsluttes ultimo august 2008. Udvendigt skal der ske en renovering af tag og facader, dette udgør entreprise 1. Entreprise 2 omfatter renoveringen af bade- og toiletrum, samt sammenlægning af hybler. Disse entrepriser er yderligere beskrevet i de følgende afsnit.

Facader, entreprise 1

Den udvendige renovering af boligblokkene omfatter flere bygningsdele eller elementer, hvor der på grund af konstaterede byggeskader skal foretages indgreb.

Det drejer sig om følgende dele på den udvendige renovering.

- Facader i betonsandwichelementer
- Gavle i betonsandwichelementer
- Altantårne i betonelementer
- Vinduer, døre og skodder i træ
- Tage med eternitdækning
- Tage på altantårne i beton

Det foreliggende projekt operer med et sammenhængende indgreb med forebyggende foranstaltninger for alle de ovenstående delelementer.

Med forebyggende vedligehold i form af udvendig efterisolering og beklædning af facaderne opnås en beskyttelse af konstruktionerne. Efterisolering og nye vinduer vil som tillægsgevinst reduce energiforbruget til opvarmning

Renovering af tag/ opførelse af tagboliger, entreprise 1

Tagboliger i etape 4 udføres kun i Østergården blok 1. Der etableres ligeledes elevatorer i disse blokke, og det er således muligt at få fri adgang til boligerne, idet der her er direkte adgang til trapperummet fra det fri uden niveauspring.

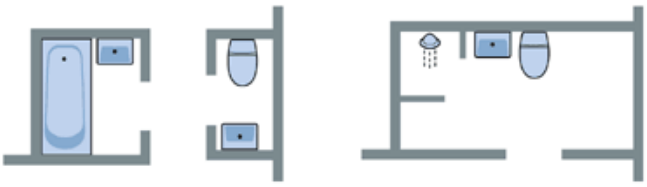
Tagboligerne er så vidt muligt udformet som ældrevenlige boliger.

Bade- og toiletrum, entreprise 2

De eksisterende bade- og toiletrum er udført som præfabrikerede kabiner med væg- og gulvoverflader af en indvendig glasfiberskal. Kabinerne er på nuværende tidspunkt stærkt nedslidte, og reparationer af især gulve sker løbende. Nedslidningen har medført at der er en større risiko for bygnings- og følgeskader.

Kabinerne skal derfor nedtages og erstattes med nye, traditionelt udførte badeværelser med tunge gulve og malede vægge.

Før renoveringen Efter renoveringen



Figur 48: Plantegning af badeværelset i en treværelses lejlighed

I blok 5, 6, 7 og 10 i Østergården er badeværelser på samtlige etager udført som tunge elementer. Dvs. at indretningen og opbygningen er som beskrevet i ovenstående afsnit. Dette er sket som følge af en brand i sin tid på kabinefabrikken. Disse eksisterende badeværelser med tunge gulve og malede og flisebeklædte vægge renoveres. De malede letbetonvægge nedrives og bortskaffes. De eksisterende betonvægge bevares for at gøre plads til gulvvarme og nye klinker samt fald. Udover de eksisterende betonvægge skal betondækket ligeledes bevares, hvorefter de nye badeværelser opbygges og udføres som nye traditionelle badeværelser med tunge gulve og vægge.

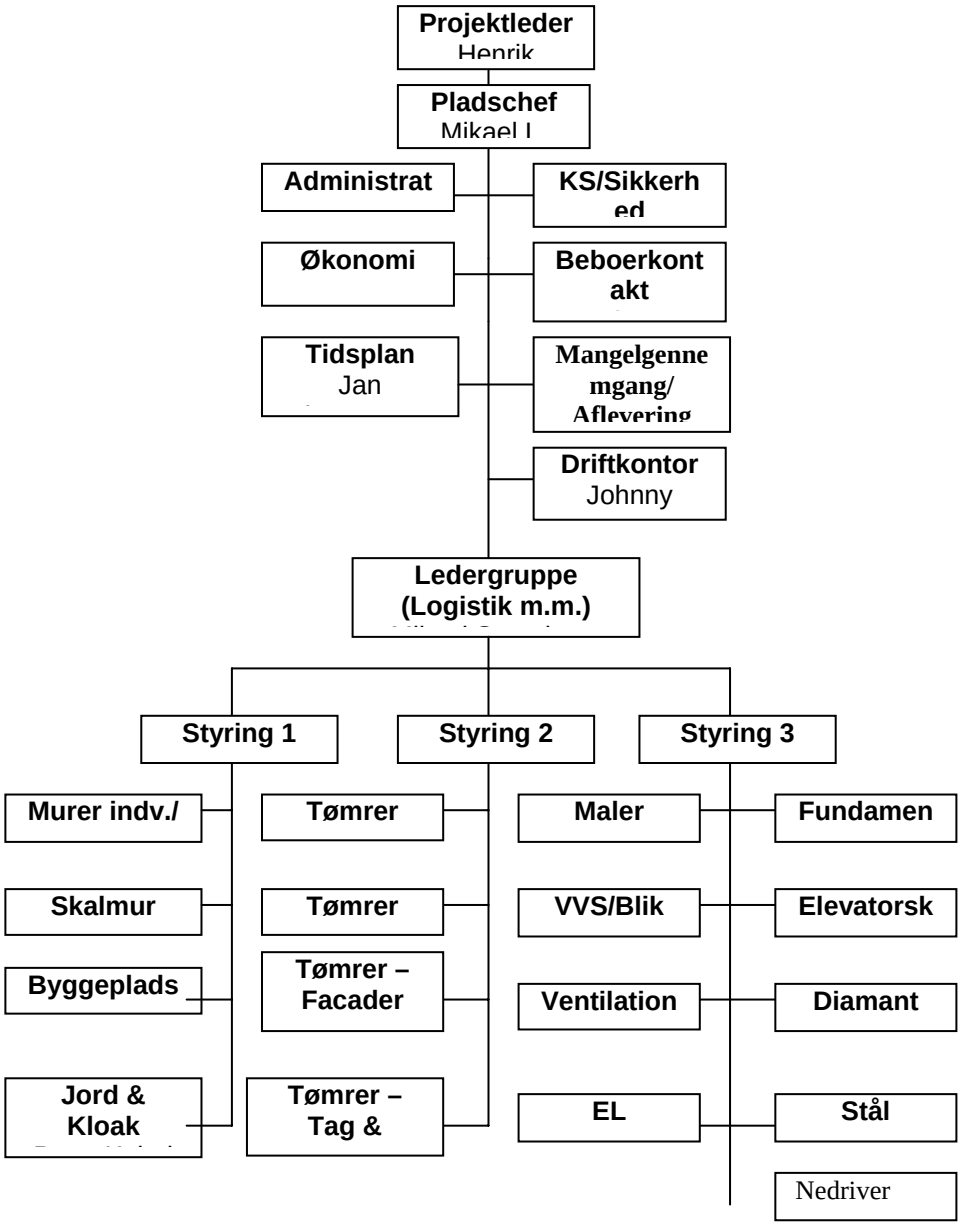
Figur 49: Badeværelse i en treværelses lejlighed

Sammenlægning af hybler, entreprise 2

I etape 4 eksister der 105 stk. hybler. Hyblerne placeres inden for trappemodulet, og har direkte indgang fra trappen. Hyblerne i Østergården, der omfatter etape 4, skal alle sammenlægges til 2-rums boliger i 2 plan.

Vi har fået fastlagt hvilke entrepriser, der er de mest kritiske, og hvem der har ansvaret for de enkelte. Dette kan ses ud fra organisationsdiagrammet på næste side.

De enkelte entrepriser er uddelegeret til de enkelte der har ansvaret for disse entrepriser.



Figur 50: Organisationsdiagram

Byggeriet gennemføres som en hovedentreprise, hvor enkelte entrepriser udføres som egenproduktion, mens de resterende entrepriser er udliciteret til en række underentreprenører.

Projektet er opdelt i 14 fagentrepriser, hvoraf 11 varetages af underentreprenører, mens de resterende 3 entrepriser er egenproduktion.

Jord & kloak	EL-arbejder
VVS & Blik	Stillads
Nedrivning	Ventilation
Betonskæring	Maler
Flisemurer	Gasbeton
Murer udvendig	Tømrer indvendig
Tømrer – Tag	Stål

Da det er Pihl & Søn selv, der står for de kritiske leverancer, er der i det følgende ikke gjort mere ved underentreprenørernes leverancer. De kritiske leverancer er de leverancer der er lang leveringstid på.

Vi har fået entrepriselederne på Vejleåparken til at udfylde et skema, hvor de har angivet oplysninger om leverancer og leverandører i forhold til deres entrepriser. Følgende informationer er indsamlet:

- Entreprisenavn
- Leverancetyper
- Leverandørfirma
- ”Lange leveringstider” (L.L.T.)/”dag til dag” (d.d.)

Disse informationer er indtastet i det følgende skema, som i øvrigt er inspireret af Mads Lauritzens rapport ”Leverandørroller i byggeriet”.

Skema 1: Opgørelse over leverancer til Vejleåparken

	Entreprise	Leverancens type	Leverandørfirma	”Lange leveringstider”/”dag til dag”
Leverance, Pihl	Tømrerarbejde, tag	Vægelementer	Precon	L.L.T.
		Spær	Ringsted spærfabrik	L.L.T.
		Isolering	Carl Lorentzen	L.L.T.
		Under- & overpap	Icopal	L.L.T.
		Gips/Stål/x-finer	Roskilde trælast	L.L.T.
		Træ	Værebro tømrerhandel	L.L.T.
		Bolte	Hilti	d.d.
		Skruer/Søm	Carl Rasmussen	d.d.
	Tømrer – udv.	Isolering	Rockwool	L.L.T.
		Alurammer, beslag, stern, skodder mm.	Benny Smed	L.L.T.
		Vindspærre	Ivarsson	L.L.T.
		Skiver, skruer og møtrikker	Red Horse	d.d.
		Vinduer	Velfac	L.L.T.
		Lysningspanel	Skouhus	L.L.T.
		Forskalling, væglister og butylbånd	Roskilde trælast	L.L.T.
		Ekstra værktøj	Hilti	d.d.
	Tømrer – indv.	Døre	Swedoor	L.L.T.
		Skabskabinetter/ badeværelseskab	Morsø speciel inventar	L.L.T.
		Køkkener	Daninventar	L.L.T.
		Isolering	Rockwool	L.L.T.

Bilag 3: Firkløverparken

Byggeprojektet Firkløverparken er et boligbyggeri i 3 etager med en penthouseetage ud til Vallensbæk Torvevej, som det kan ses på Figur 51. Med penthouseetagen kommer der et udhæng på bygningen, som gør, at det mere kommer til at ligne en tagetage, og samtidigt har det en beskyttende effekt på den underliggende facade.

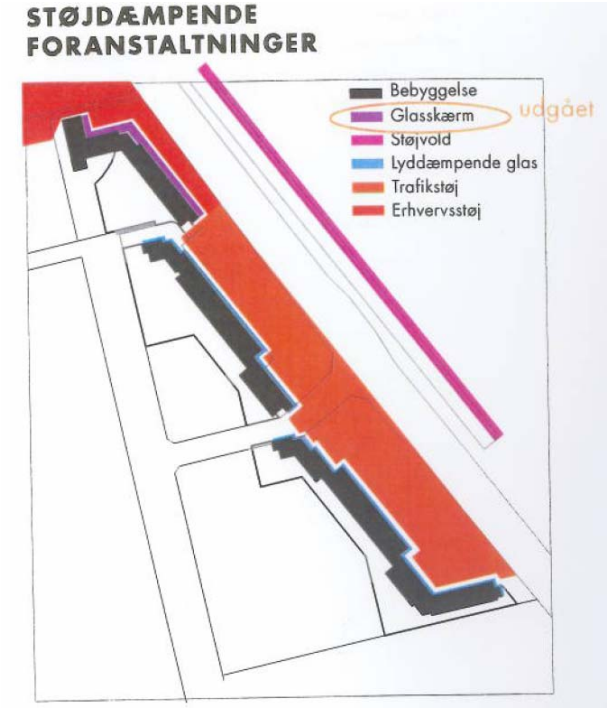
Figur 51: Placering af Firkløverparken vest for Vallensbæk Torvevej

Der vil være parkeringsmuligheder ud til Vallensbæk Torvevej. Fra parkeringspladsen vil der være tre stier ind til byggeriet, hvor det vil blive muligt at gå igennem byggeriet til bagsiden gennem en form for porte. Dette bliver muligt på grund af bygnings-kroppens udformning, idet bygningerne er bygget sammen, men først begyndende fra 2 etage, så der opstår en port. Adgangen til boligerne vil være enten lige fra terræn eller gennem opgange og fordelingsaltaner.

Området på vestsiden af byggeriet består af et grønt fællesområde. Beboerne i stueetagen har deres terrasse på terræn, afgrænset af lave hække. På resten af området er der græsarealer afbrudt af små hække, buske og træer.

Der er gjort meget for at tænke byggeriet ind i området for at få det integreret med det nuværende og senere byggeri. Byggeriet bliver opført forholdsvis tæt, for at det skal være en støjskærm for det bagvedliggende byggeri. For at mindske støjen til de boliger, som har vinduer ud til Vallensbæk Torvevej, kommer der forsatsvinduer og specielle

døre. Udover vejen er der et pakkefirma overfor, som arbejder om natten. For at mindske støjen bliver der opført en støjvold, som det er vist på Figur 52.



Figur 52: Udformning af Støjdæmpning

Byggeriet kommer til at bestå af forskellige boligtyper. Der kommer til at være 225 boliger, ungdoms-, familielejligheder og penthouselejligheder. Byggeriet er meget fleksibelt. I lejlighederne vil der være muligheder for at lade det være et stort rum eller lave det om til mindre rum. Store familier har mulighed for at lave flere rum.

Der er boliger på mellem 50 – 110m2 alle med stor fleksibilitet, med mulighed for mellem 2 – 5 værelser. Byggeriet bliver på ca. 20.000m2

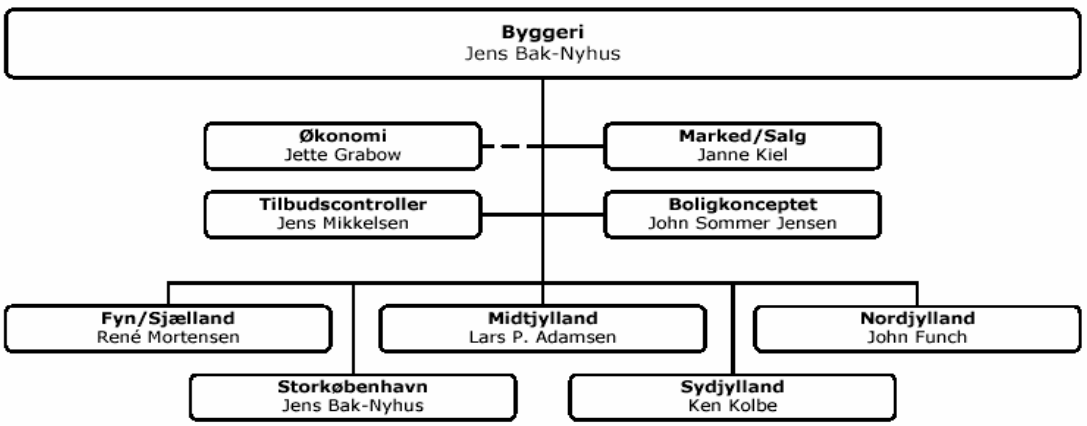
Punktfundamenter, elevatorskakter og terrændæk bliver insitustøbt, resten er præfabrikerede betonelementer, der vil blive brugt huldæk til dækelementer. Der bliver opsat nogle gasbetonvægge, vinduesfacaderne monteres efter elementmontagen. Der kommer også præfabrikerede toiletter, der hejses ind før hvert etagedæk, de er tilslutningsklare.

Byggeriet opføres i 3 entrepriser, hvor der indgår byggemodning som udføres i hovedentreprise, råhus og aptering som udføres i totalentreprise, og støjvolden som også udføres i totalentreprise.

Der sidder en projektchef på sagen, som tager sig af kontakten til bygherre og enkelte entrepriser, udover det sidder der to entrepriseledere som har fordelt de resterende entrepriser i mellem sig.

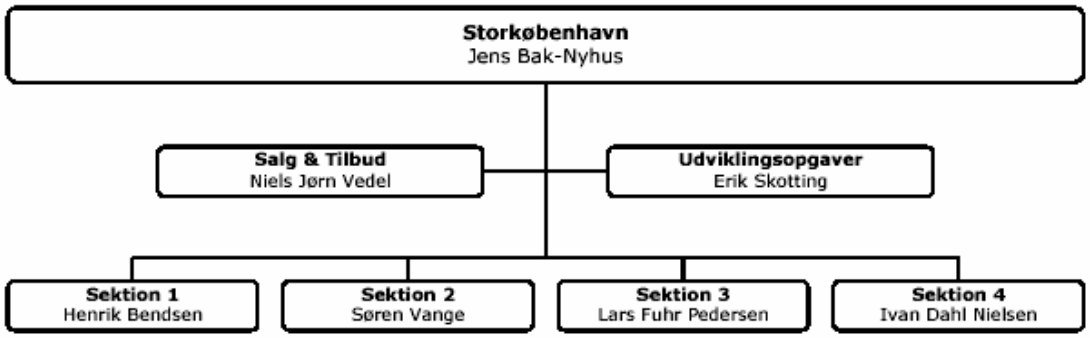
Vallensbæk Byggeselskab er bygherre, og Juul og Frost er arkitekter, se desuden organisationsdiagrammet for byggesagen i Figur 53.

Byggeriet skal stå færdigt i 2008, men byggeriet afleveres efterhånden, som det er færdigt i de etaper, der arbejdes i. Den totale byggesum er på ca. 220mio.



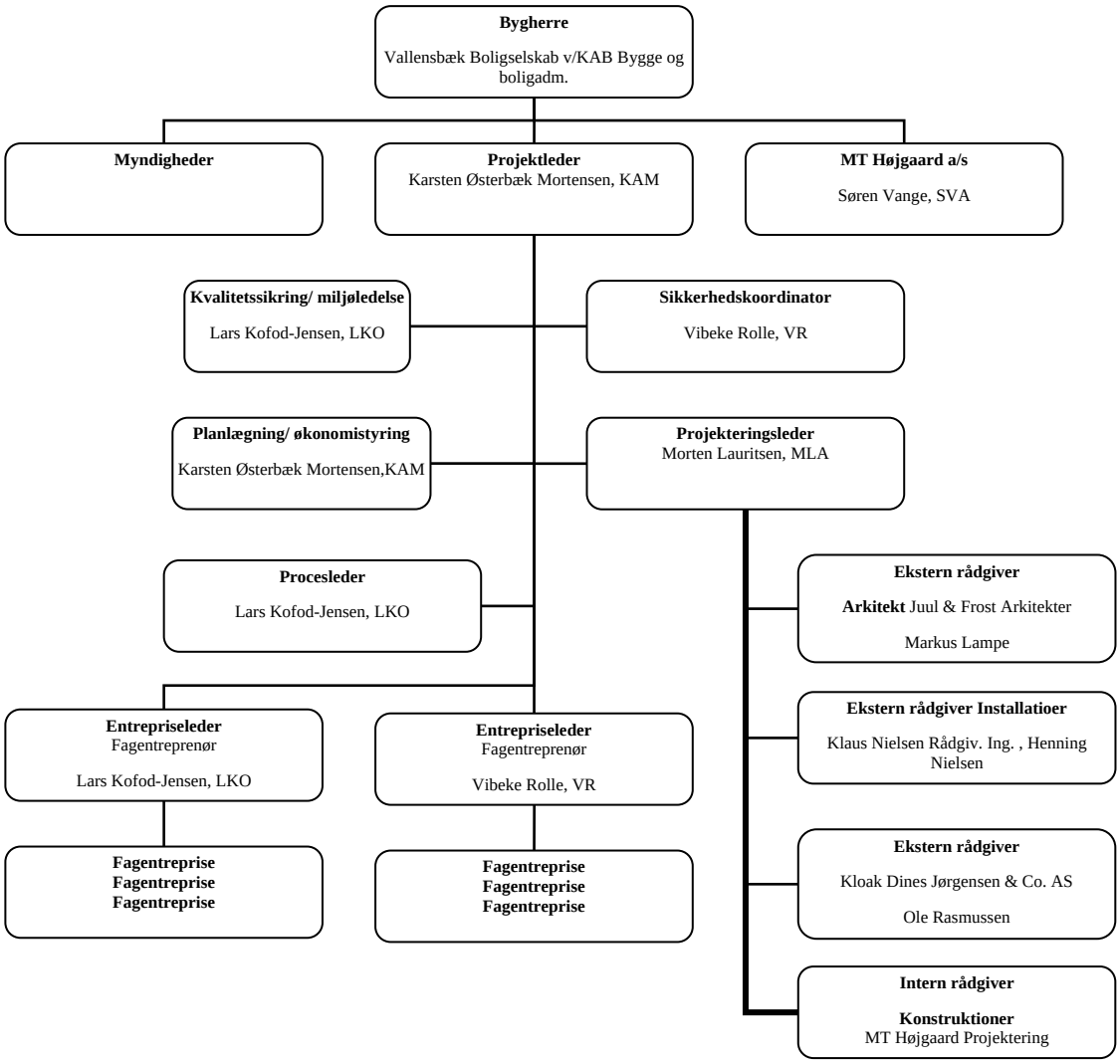
Figur 53: Organisationsdiagram for byggeri i MT Højgaard

MT Højgaard er opdelt i fem forretningsområder: Anlæg, Byggeri, Forsyning, Renovering og Udland. Firkløverparken (FP) er en del af Byggeri. Byggeri er opdelt i geografiske arbejdsområder, hvor FP ligger under Storkøbenhavn, dette er opdelt i forskellige sektioner, FP hører ind under Sektion 2, se Figur 54.



Figur 54: Organisationsdiagram for Storkøbenhavn i MT Højgaard

Organisationen for projektet Firkløverparken er opdelt i funktioner, der udføres under produktionen, det er dermed muligt for de forskellige involverede parter at vide, hvem der har ansvaret for hvad, og hvem de skal henvende sig til for at få svar på deres spørgsmål.



Figur 55: Organisationsdiagram for Firkløverparken