

Fremdriftsplanlegging i bygge- og anleggsproduksjon

Et kompendium for emnet *TBA4130*

Produksjonsteknikk i BA-prosjekt

Stine Halleraker

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Amund Bruland, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Fremdriftsplanlegging i bygge- og anleggsproduksjon Et kompendium for <i>TBA4130 Produksjonsteknikk i BA-prosjekt</i>	Dato: 10. juni 2014		
	Antall sider (inkl. bilag): 137		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Stine Halleraker			
Faglærer/veileder: Amund Bruland			

Ekstrakt: <p>Denne masteroppgaven består av et kompendium om fremdriftsplanlegging som skal inngå i et større kompendium for emnet <i>TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekt</i>.</p> <p>Formålet med masteroppgaven har gjort at denne rapporten har fått et litt annerledes format ved at kompendiet om fremdriftsplanlegging erstatter teori- og resultatkapitlene. Kompendiet omhandler temaene prosjektnedbryting, beregning av varighet, planleggingsmetoder, digitale verktøy, ressursplanlegging, oppfølging, nyere metoder, usikkerhet og kontrakt i fremdriftsplanlegging. Det faglige nivået skal passe 3.- og 4.-årsstudenter som går bygg- og miljøteknikk ved NTNU.</p> <p>Det anbefales å fullføre hele kompendiet slik at studentene så snart som mulig får tilgang til en komplett lærebok i faget. Kompendiet bør evalueres med jevne mellomrom, og dersom det er ønskelig kan omfanget av det utvides.</p>

Stikkord:

1. Fremdriftsplanlegging
2. Kompendium
3. Produksjonsteknikk
4. Bygge- og anleggsbransjen

(sign.)

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, NTNU. Den er utarbeidet i løpet av vårsemesteret 2014, og har en studiebelastning på 30 studiepoeng.

Oppgaven er utført med tett tilknytning til emnet *TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekt*, og inneholder et kompendium om fremdriftsplanlegging som skal benyttes i det nevnte emnet. Masteroppgaven kombinerer to ting som jeg liker veldig godt, nemlig fremdriftsplanlegging og det å lære i fra seg. Fremdriftsplanlegging er et viktig tema som har stor betydning for bygge- og anleggsbransjen. En plan kan ha stor innvirkning på et prosjekts produktivitet, økonomi, kvalitet og HMS.

Jeg vil gjerne takke faglærer og veileder ved NTNU, Amund Bruland, for god veiledning underveis i prosessen. En stor takk rekkes også til alle intervjuobjektene som har tatt seg tid til å stille til intervju og for å ha bidratt med forbedringsforslag til kompendiet. Til slutt vil jeg takke samboer og familie for støtte underveis i arbeidet.

Trondheim, 10. juni 2014

Stine Halleraker

Sammendrag

Emnet *TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekt* undervises ved NTNU. Studenter og lærere har lenge ønsket en håndbok for produksjon av bygninger som kan fungere som en lærebok i emnet, og denne masteroppgaven har som hensikt å bidra med et kompendium om fremdriftsplanlegging som skal inngå i denne håndboken. Fremdriftskompendiet sitt formål er å hjelpe studentene med å lage en fremdriftsplan som de skal gjennomføre i et gruppearbeid, og det skal i tillegg gi en generell innføring i temaet fremdriftsplanlegging.

Formålet med masteroppgaven har gjort at denne rapporten har fått et litt annerledes format enn vanlige masteroppgaver. Kompendiet om fremdriftsplanlegging erstatter teori- og resultatkapitlene som vanligvis er inkludert, og resten av rapporten er med på å bygge opp rundt fremdriftskompendiet.

Fremdriftsplanlegging er et stort tema som angår mye av det som skjer på bygge- og anleggsprosjekter. En plan kan ha stor innvirkning på et prosjekts produktivitet, økonomi, kvalitet og HMS.

Kompendiet er avgrenset til å omhandle planlegging i produksjonsfasen, og til å gjelde den norske byggebransjen. Hovedfokuset vil være på byggeprosjekter, mens anleggsprosjekter kun blir omtalt der det er relevant.

Det er brukt litteraturstudie, intervju med nøkkelpersoner og spørreundersøkelse som forskningsmetode i arbeidet. Litteraturstudiet utgjorde informasjonsbasen for kompendiet, og intervjuene har vært med på å utfylle litteraturen i tillegg til å komme med mange gode eksempler. Det ble utført en spørreundersøkelse blant studenter som deltok i emnet *Produksjonsteknikk*, og resultatene ble brukt til å utbedre et førsteutkast av kompendiet. Disse tre metodene har til sammen utgjort et godt data- og informasjonsgrunnlag.

Kompendiet omhandler temaene prosjektnedbryting, beregning av varighet, planleggingsmetoder, digitale verktøy, ressursplanlegging, oppfølging, usikkerhet og kontrakt i fremdriftsplanlegging. Rekkefølgen kompendiet er bygd opp av skal tilsvare den rekkefølgen som det er naturlig å utvikle en fremdriftsplan i.

Kompendiet om fremdriftsplanlegging er skrevet med et begrenset omfang, og om ønskelig kan kompendiet utvides på et senere tidspunkt. Det anbefales å fullføre hele håndboken for produksjon av bygninger slik at studentene så snart som mulig får tilgang til en komplett lærebok i faget. For å sikre at kompendiet ikke blir utdatert, bør det evalueres med jevne mellomrom.

Summary

The course *TBA4130 Production Technology in Building and Construction Projects* is taught at NTNU. Both students and teachers have requested a handbook for production of buildings that can serve as a textbook for the course. This thesis aims to provide a compendium about scheduling to be included in this handbook. The compendium is intended to guide students complete a group task that includes creating a schedule, in addition to providing general information on the topic of scheduling.

The purpose of the thesis gives this report a slightly different format than a standard master thesis. The part of the thesis that makes up the compendium about scheduling replaces the theory chapter and the results chapter. The rest of the report consists of supporting chapters for the compendium.

Scheduling is an important topic, which can affect much of the work on construction projects. A schedule can have a huge impact on a project's productivity, economy, quality and HSE.

The compendium's content is limited to scheduling of production, and to apply to the Norwegian construction industry. The main focus will be on building projects, while infrastructure projects will only be discussed briefly when applicable.

Research methods used in this study consists of literature review, interviews and survey. The literature review was the main source of information for the compendium, and interviews have been included to complement the literature in addition to give examples. A survey for students attending *Production in construction project* was conducted, and the results were used to improve a first draft of the compendium. These three methods as a whole have been considered as a good basis for data and information needed for the research.

The compendium covers the topics: Work Breakdown System, Determining Durations, Scheduling Methods, Scheduling Software, Resource Scheduling, Schedule Monitoring, Uncertainty and Contracts in Scheduling. The topics of the compendium are in a sequence that should correspond to the order in which it is natural to develop a schedule.

The scope of the compendium about scheduling is limited, and can be expanded later if desirable. It is recommended to complete the handbook for production of buildings so that the students taking the class will have access to a complete textbook as soon as possible. To ensure that the compendium doesn't get outdated, it should be evaluated on a regular basis.

Innhold

FORORD	I
SAMMENDRAG.....	III
SUMMARY	V
INNHOLD	VII
DEL I: INTRODUKSJON OG METODE.....	1
1. INNLEDNING	3
1.1. BAKGRUNN.....	3
1.2. FORMÅL.....	4
1.3. OMFANG OG AVGRENSNING.....	5
1.4. LESERVEILEDNING.....	6
2. METODE	9
2.1. FORSKNINGSMETODER.....	9
2.2. METODE FOR INNHENTING AV DATA.....	10
2.3. FEILKILDER.....	14
2.4. KVALITETSSIKRING AV DATA	16
3. SPØRREUNDERSØKELSE	17
DEL II: KOMPENDIUM OM FREMDRIFTSPLANLEGGING	19
DEL III: DISKUSJON OG OPPSUMMERING	89
4. DRØFTING.....	91
4.1. BEVISSTE VALG MOT ET BEDRE KOMPENDIUM	91
4.2. OPPBYGNING	99
4.3. SPØRREUNDERSØKELSEN.....	101
4.4. INTERVJU.....	103
5. OPPSUMMERING	107
6. VIDERE ARBEID	109
REFERANSER.....	111
VEDLEGG.....	113

Del I

Introduksjon og Metode

1. Innledning

Valg av oppgave og valg av format for oppgaven er gjort i samarbeid med veileder. Formatet har påvirket utformingen av oppgaven i stor grad, noe som har gjort det nødvendig med flere oppklarende opplysninger. Dette innledende kapitlet presenterer bakgrunnen for masteroppgaven, og bemerker hvorfor akkurat dette temaet er av interesse. Formulering av formål, delmål og avgrensninger er gjort. I tillegg er det gitt en inngående leserveiledning.

1.1. Bakgrunn

Emnet *TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekt* utøves ved NTNU og har som mål å gi studentene grunnleggende kunnskap innen vanlige metoder ved planlegging, kalkulasjon og utførelse av byggearbeider for nye bygninger (NTNU, 2014). TBA4130 vil senere i teksten bli omtalt som Produksjonsteknikk. Emnet ble til etter ønske fra byggebransjen, noe som har vært med på å forme innholdet. Undervisningen består av ukentlige forelesninger, hovedsakelig gjennomført av eksterne forelesere fra næringslivet som ønsker å bidra. 50 % av sluttkarakteren til studentene er gitt ved en skriftlig avsluttende eksamen, og 50 % av sluttkarakteren er gitt av øvinger. Til sammen utgjør emnet 7,5 studiepoeng. Øvingsopplegget består av 5 øvinger som alle er knyttet opp mot ett eller flere byggeprosjekter. Arbeidet foregår i grupper, og studentene leverer en felles rapport for hver øving (NTNU, 2014). De ulike hovedoppgavene for øvingene er:

- 1) Evaluere et byggeprosjekt med hensyn til kritiske elementer og faktorer
- 2) Planlegge grunnarbeider
- 3) Lage en støpeplan
- 4) Beregne byggekostnader og utarbeide tilbud
- 5) Lage framdriftsplan

Tidligere kursmateriell har vært forelesningsnotater, leverandørinformasjon, utdrag fra bøker og liknende (NTNU, 2014). Det har lenge vært et ønske fra studenter og faglærere å få på plass en håndbok for produksjon av bygninger som kan fungere som en lærebok i faget (Bruland, 2014). Eirik Munkeby startet arbeidet med å lage et kompendium for dette formålet i 2011. Han var da ansatt ved Institutt for bygg, anlegg og transport (BAT), og jobbet som

vitenskapelig assistent for emnet. Det han skrev omhandler det som skjer før byggestart, entreprisereformer og kontraktstyper, anbudsprosessen, rigg og drift av byggeplassen og HMS. Akkurat da skriveprosessen pågikk var det litt usikkert om Produksjonsteknikk skulle beholde den eksisterende formen, og derfor ble ikke alle kapitlene ferdigstilt. I 2013 lyste BAT ut forslag om prosjekt – og masteroppgave som gikk ut på å ferdigstille kompendiet, da var det avklart at emnet skulle fortsette som før (BAT, 2014). Tor Jacobsen tok på seg denne oppgaven og skrev prosjektoppgave om plasstøpt betong. Dette arbeidet har fortsatt som en del av masteroppgaven hans, og oppgaven ble utvidet til å ta med grunnarbeider. Hvis de fem øvingene skal ha hvert sitt kapittel i kompendiet, kan en si at de nevnte bidragene dekker henholdsvis kapittel 1, kapittel 2 og kapittel 3. Det mangler fortsatt to kapittel for å få et fullstendig kompendium. Denne masteroppgaven skal forsøke å dekke kapittel 5, altså å lage et kompendium om fremdriftsplanlegging.

Fremdriftsplanlegging er ansett som et svært sentralt tema innen prosjektledelse, mye fordi kvaliteten på en plan er avgjørende for et prosjekts suksess (Newitt, 2009). Et sitat fra Jackson (2010) skildrer hvor vesentlig fremdriftplanlegging er: «Å prøve å utføre et bygge- eller anleggsprosjekt uten en god og gjennomtenkt plan, er som å prøve å kjøre til et fremmed sted uten kart» (Jackson, 2010, s. 227).

En fremdriftsplan blir først og fremst laget for å få oversikt og kontroll over prosjektet, ikke bare på tid, men også i forhold til kostnad, kvalitet og HMS (Newitt, 2009). Under utvikling brukes planen til å analysere alternativer noe som kan påvirke produktiviteten til å bli best mulig (Weber, 2005, Newitt, 2009). Resultatet blir spart tid, og spart tid utgjør store pengesummer hvis det tas i betraktning at en kan redusere arbeidstimer og administrative kostnader, og at en kan unngå dagmulkt (Newitt, 2009).

Andre gode bruksområder for en plan er å visualisere det som er tenkt for alle som deltar på prosjektet (Newitt, 2009). Planen kan avdekke potensielle problemområder, for eksempel med tanke på ressursbehov (Hinze, 2012). Under produksjonen kan planen brukes til oppfølging ved å sammenligne budsjetterte og faktiske kostnader og varighet (Weber, 2005).

Videre i oppgaven vil kapittelet om fremdriftsplanlegging som inngår i denne masteren bli omtalt som *kompendiet*. Dette er gjort for å forenkle teksten.

1.2. Formål

Hovedformålet med denne masteroppgaven er å utfylle et manglende behov, nemlig å bidra til et kompendium for emnet Produksjonsteknikk innen temaet fremdriftsplanlegging.

Dette kompendiet vil være nyttig for fremtidige studenter som skal ha emnet Produksjonsteknikk ved NTNU. Foreløpig utgjør dette omtrent 30 studenter i året, men dersom faget flyttes ned til 3. klasse, noe som er under vurdering, vil mest sannsynlig dette antallet øke.

Et raskt søk på ordet «fremdriftsplanlegging» på de vanligste databasene gav kun resultater av middels relevans og interesse. Dette viser at det finnes lite norsk litteratur innen fremdriftsplanlegging. Et komplett kompendium om produksjon kan være med på å øke kvaliteten på emnet. Dette kan føre til at flere studenter vil melde seg opp, noe som kommer byggebransjen til nytte i og med at det er de som har etterspurt emnet.

1.2.1. Problemstilling

Problemstillingen for denne masteroppgaven er utarbeidet i samarbeid med veileder og faglærer for Produksjonsteknikk. Problemstillingen lyder:

Å skrive et kompendium om fremdriftsplanlegging som skal inngå i et større kompendium for bruk i emnet TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekt.

Forskningsarbeidet har blitt utført med utgangspunkt i metodene litteraturstudie, intervju og spørreundersøkelse.

Det vil ikke bli fastsatt noen forskerspørsmål for denne masteroppgaven. På grunn av at oppgaven er satt sammen på en måte som avviker fra en ordinær oppbygning av masteroppgaver, blir det vanskelig å la spørsmålene være gjennomgående i hele oppgaven. Det er i stedet blitt fokusert på noen målsettinger. En oppgavetekst er også gitt i vedlegg 1.

1.2.2. Målsettinger

Hovedmålet med kompendiet er at studentene skal være i stand til å bygge opp en enkel fremdriftsplan ved å sette seg inn i det. Delmålet med kompendiet er at studentene skal få en generell innføring i temaet, og derav få en forståelse for de vanligste utfordringene som kan melde seg ved fremdriftsplanlegging.

I tillegg til målene har det blitt satt to suksesskriterier: At studentene lager bedre fremdriftsplaner i øvingsopplegget fra våren 2015 enn de har gjort tidligere, og at studentenes eksamensbesvarelse innen temaet fremdriftsplanlegging blir forbedret.

Begge målene har vært med på å forme kompendiet underveis slik at sluttresultatet blir så nært behovet som mulig. Suksesskriteriene lar seg vanskelig måle før om ett år, de er allikevel tatt med som en motivasjon for å legge ned et godt arbeid i kompendiet.

1.3. Omfang og avgrensning

Fremdriftsplanlegging er et omfattende tema med utallige metoder som i praksis kan utøves på mange forskjellige måter. Kompendiets omfang ble derfor avgrenset før oppstart.

DEL I

Øvingsopplegget i Produksjonsteknikk teller 50 % på sluttkarakteren til studentene, og er som nevnt delt inn i fem øvinger, og én av øvingene går ut på å lage en fremdriftsplan. I omfang skal kompendiet om fremdriftsplanlegging da dekke:

$$50 \% \cdot \frac{7,5 \text{ studiepoeng}}{5 \text{ øvinger}} = 0,75 \text{ studiepoeng}$$

Dette er et beregnet tall som kun gir en pekepinn på omfanget. Det må tas i betraktning at tema utenfor øvingsopplegget også er pensum, og at fremdriftplanlegging er aktuelt også til eksamen. Det har tidligere blitt undervist én dobbeltime om fremdriftsplanlegging og én dobbeltime om planlegging av innvendige arbeider. Med dette omtrentlige omfang å gå ut i fra, ble det bestemt at kompendiet skulle utgjøre rundt 60 sider. Ved at de andre bidragene også har samme omfanget, vil kompendiet utgjøre et overkommelig pensum for studentene.

Ettersom emnet kompendiet skal inngå i omhandler produksjon, ble det naturlig å avgrense kompendiet til kun å gjelde planlegging i produksjonsfasen. Dette utelukker da planlegging av de tidligere fasene som for eksempel prosjektering. Oppfølging er derimot tatt med, men i noe begrenset omfang, da dette foregår under selve produksjonen.

Planlegging av byggeprosjekter skiller seg noe fra planlegging av anleggsprosjekt. Det ble vurdert som for omfattende å beskrive planleggingen av begge de to typene prosjekt. Ettersom øvingsopplegget er knyttet opp mot et bygg, ble det naturlig å ha hovedfokus på planlegging av byggeprosjekter. Noe av det som er spesielt for anleggsbransjen har blitt nevnt i kompendiet der det har dukket opp.

Kompendiet begrenser seg til den norske bygge- og anleggsbransjer fordi Produksjonsteknikk undervises i Norge og fordi forelesningene er holdt av personer fra den norske byggebransjen. Mye av litteraturen som er benyttet er amerikansk, men kun det som også gjelder for den norske bransjen er anvendt. Renoveringsprosjekter er utelatt fordi i emnebeskrivelsen fremgår det at Produksjonsteknikk kun omhandler nye byggeprosjekter.

1.4. Leserveiledning

Oppsettet av denne rapporten vil avvike noe fra et vanlig masteroppgaveoppsett ved at kapitlene som omhandler teori og resultat er byttet ut med et kompendium. Teksten i kompendiet står selvstendig, og den omsluttete teksten i denne oppgaven vil bygge opp under den. Videre blir det redegjort mer detaljert hva alle tilpassningene går ut på.

1.4.1. Oppgavens hovedoppbygning

Det er valgt å dele rapporten inn i tre deler. Denne oppdelingen er i hovedsak valgt for å skille ut kompendiet på en god måte. De tre delene er:

DEL I

Del I: Introduksjon og metode – gir en innledende tekst om oppgaven i kapittel 1 og en beskrivelse og analyse av de benyttede metodene i kapittel 2. Resultatet fra spørreundersøkelsen er gitt i kapittel 3.

Del II: Kompendium om fremdriftsplanlegging – presenterer det ferdige kompendiet som senere i sin helhet skal inngå i et større kompendium for emnet Produksjonsteknikk. Teksten i denne delen har egen innholdsfortegnelse og kildeliste for at kapittelet skal fremstå som fullstendig.

Del III: Diskusjon og oppsummering – dette er den avsluttende delen. Arbeidet som hittil er gjort blir evaluert i kapittel 4, og oppsummert kort kapittel 5. I kapittel 6 blir det fremmet forslag til videre arbeid.

1.4.2. Spesielle forhold

I denne masteroppgaven er kildene ført på to forskjellige måter. I del II, Kompendium om fremdriftsplanlegging, er det brukt Vancouver-stil, og i resten av oppgaven er det brukt Harvard-stil. Todelingen er gjort for at kompendiet skal ha en egen og selvstendig kildeliste slik at det kan fremstå som et eget dokument.

Grunnen til at akkurat Vancouver-stilen ble valgt, er at den sikrer intervjuobjektene en viss anonymitet. Nå står ikke navnene deres direkte i den løpende teksten, men kilden kan fremdeles slås opp i kildelisten bak. En annen fordel med Vancouver-stil i denne sammenhengen er at teksten flyter litt bedre når den kun blir avbrutt av tall og ikke av hele navn og årstall. Det er også meningen at studentene skal få kort og konsis informasjon ut fra kompendiet, og da er det kanskje ikke så viktig å vite umiddelbart hvor informasjonen er hentet i fra.

Sidenummereringen vil være løpende og kontinuerlig gjennom hele denne masteroppgaven til tross for at kompendiet skal være frittstående. Dette er gjort for at det skal være enkelt å orientere seg i oppgaven. Nummeret for hver del er angitt i topp teksten.

Kompendiet er frittstående og teksten er ikke tilpasset resten av rapporten. Dette gjør at noe informasjon vil være gjentakende. Det kan for eksempel være at et forhold som blir nevnt i kompendiet blir greid ut i et senere kapittel.

1.4.3. Leseren

Den primære leseren av dette kompendiet vil være 3.- eller 4.-årsstudenter som tar emnet Produksjonsteknikk ved NTNU. I emnebeskrivelsen til faget er hverken spesielle krav eller anbefalinger til forkunnskaper angitt (NTNU, 2014). Dette åpner for at studenter med ulike fagkombinasjoner innen bygg- og miljøteknikk kan delta i dette emnet. I følge spørreundersøkelsen fra kapittel 3, har studentene selv sagt at de kunne lite om fremdriftsplanlegging fra før. Med bakgrunn i dette er det tatt utgangspunkt i at alle leserne

DEL I

mangler forkunnskaper om fremdriftsplanlegging. Dette medfører blant annet at alle ord og uttrykk for planleggingsfaget blir introdusert i en begrepsliste i starten av kompendiet. Det er antatt at leserne kjenner til vanlige begreper som brukes i bygge- og anleggsbransjen.

2. Metode

Dette metodekapittelet vil gi en innføring i hvordan arbeidet med rapporten er gjennomført ved hjelp av tre ulike forskningsmetoder. Formålet til oppgaven har vært med på å prege arbeidet ved at det har vært forsøkt å komme frem til beste praksis, og ikke nødvendigvis å forske systematisk. Begrunnelsene i det følgende kapittelet kan derfor oppleves som mer ordrike enn hva de er i andre masteroppgaver.

Ved god vitenskapelig forskning er det vanlig å angi hvordan informasjonen er fremkommet. Metodekapittelet for denne rapporten kan sies å være ekstra viktig ettersom studenter eller andre fagpersoner senere skal bygge videre på arbeidet med å fullføre kompendiet. Det er derfor en fordel at de får en god beskrivelse av hvordan *dette* arbeidet har blitt utført (Olsson, 2011).

2.1. Forskningsmetoder

De ulike forskningsmetodene kan deles inn i to hovedformer, kvantitative og kvalitative metoder. Kvantitative metoder tar utgangspunkt i tall og det som er målbart, og er ofte basert på få opplysninger om mange objekter. Kvalitative metoder tar sikte på å fange opp meninger som ikke lar seg tallfeste eller måle, og de er gjerne gitt som tekstbasert informasjon (Dalland, 2012). Det er her ofte ønskelig med mange opplysninger om få objekter (Olsson, 2011, Larsen, 2007). I denne oppgaven er det valgt å bruke kvalitative metoder, selv om etterprøvbarhet kan være utfordrende (Olsson, 2011). Valget om å bruke en kvalitativ metode kan forsvares med at hovedfokuset for denne oppgaven er å oppnå en helhetsforståelse, noe som best oppnås ved kvalitative metoder (Larsen, 2007).

Når metoden for oppgaven velges, må en velge den metoden som passer best til det en ønsker å finne ut. Forslag til ulike metoder er (Olsson 2011):

- Dokumentgjennomgang
- Bruk av eksisterende data
- Intervjuer med nøkkelpersoner
- Deltakende observasjoner

DEL I

- Direkte observasjoner
- Spørreundersøkelse
- Bruk av case

De metodene som er valgt å bruke er dokumentgjennomgang og bruk av eksisterende data som til sammen kan sies å utgjøre et litteraturstudium. Litteraturstudiet utgjorde informasjonsbasen for kompendiet. I tillegg ble det gjennomført intervju med nøkkelpersoner og en spørreundersøkelse. Denne metodetrianguleringen med bruk av flere ulike metoder, er med på å øke troverdigheten og validiteten til informasjonsinnhenting (Dalen, 2014).

Intervju som metode ble fastsatt fordi det var ønskelig å supplere litteraturen med ekstra opplysninger og eksempler. Det ble valgt å intervju personer fra bransjen med erfaring innen fremdriftsplanlegging. Mye av litteraturen er amerikansk, derfor var det også en fordel at intervjuobjektene kunne bekrefte eller avkrefte at det som sto i disse bøkene også gjelder for den norske byggebransjen. Det var altså ønskelig med informasjon fra personer med erfaring fra byggeplass og erfaring innen planlegging. For dette formålet vil trolig intervju med nøkkelpersoner egne seg godt som forskningsmetode.

Alle intervjuene ble gjennomført en-til-en. For denne oppgaven kunne det også ha vært hensiktsmessig å gjennomføre gruppeintervjuer fordi det trigger til diskusjon. En fare med denne metoden er at noen kanskje vil ta mer plass i diskusjonen enn andre, og intervjuet vil da ikke få frem alle de ulike synspunktene. Dette ble vurdert, men ikke tatt med.

Spørreundersøkelse som metode ble valgt sent i prosessen fordi resultatet da kunne brukes som en bekreftelse og veiledning på et foreløpig utkast av kompendiet. Det var studenter som tok emnet produksjonsteknikk som deltok i undersøkelsen. Målet var å få bekreftet eller avkreftet at kompendiet hadde tatt riktig form, og dette ble gjort ved å stille åpne spørsmål. Undersøkelsen kunne også blitt gjennomført ved å stille spørsmålene personlig til hver student. Dette ble ikke gjort fordi på det aktuelle tidspunktet var alle forelesninger ferdige, og hver og en student måtte da ha blitt oppsøkt personlig der de befant seg. Dette hadde blitt for tidkrevende.

Casestudie innebærer grundig undersøkelse av spesielle tilfeller innenfor et forskningstema (Fellows and Liu, 2008). Dette kunne ha vært en aktuell metode for denne masteroppgaven, for eksempel ved at prosessen med å lage en plan ble fulgt helt fra første beslutning til og med oppfølgingen. En slik prosess vil strekke seg over mye lenger tid enn tidsrammen for denne masteroppgaven. Kompendiet skal helst dekke det mest vesentlige innen fremdriftplanlegging, og en informasjonsmetode som ikke gjør dette ble derfor valgt bort til fordel for de andre metodene.

2.2. Metode for innhenting av data

De tre valgte metodene vil nå utdypes med tanke på hvordan de er brukt og i hvilket omfang de er benyttet.

2.2.1. Litteratur

Teori utgjør rammen i et hvert forskningsprosjekt (Fellows and Liu, 2008), og kanskje spesielt i denne masteroppgaven som har som formål å formidle teori. Under vil det bli gitt en innføring i hvordan søket etter litteratur har foregått, og deretter en redegjørelse av den litteraturen som er funnet.

Søket

Litteraturstudiet for denne oppgaven har blitt utført i to omganger. Det første søket ble utført i forbindelse med prosjektoppgaven *Gjennomført praksis innen Involverende Planlegging i Veidekkes prosjekter* (Halleraker, 2013). Dette litteraturstudiet begynte med et bredt søk for å finne litteratur som omhandlet Lean Construction. Søket ble deretter innsnevret, først med å søke etter litteratur om the Last Planner System og Lookahead Planning, for så å søke etter informasjon om Involverende Planlegging. Litteraturen ble benyttet som grunnlag for teorikapittelet i prosjektoppgaven. Teksten fra prosjektoppgaven ble så omskrevet til å passe inn i kapittelet *Nyere metoder*, mer presist i teksten om Involverende Planlegging.

Det andre søket ble utført med utgangspunktet i å finne litteratur som omhandlet tradisjonell fremdriftsplanlegging. Dette er et tema som kan deles opp i mindre selvstendige temaer. Søket begynte med å søke etter litteratur med mål om å dekke hele temaet om fremdriftsplanlegging. Aktuell litteratur som kom innunder dette var lærebøker skrevet for studenter. Der de ulike lærebøkene kom til kort innen de forskjellige deltemaene, ble det søkt spesielt etter litteratur som kunne utfylle disse. For eksempel ble det gjort et tilleggssøk på «Usikkerhet». Videre ble det brukt norske søkeord for å finne litteratur som er representativ for den norske byggebransjen. Kompendiet om fremdriftsplanlegging skulle også dekke de nyere metodene, og det ble søkt spesielt på taktplanlegging og planlegging i 4D.

Selve søket ble gjort i databasene BIBSYS ASK, Scopus, Compendex og DAIM. Disse databasene er godkjente og anbefalte av bibliotekene ved NTNU. Søkeordene som ble benyttet for å finne litteratur om fremdriftsplanlegging var: Scheduling, Production, Construction, fremdriftsplanlegging, framdriftsplanlegging, trimmet bygging, taktplanlegging, takt-planning og 4D.

Funnet

Søket etter dekkende litteratur om fremdriftsplanlegging ble hovedsakelig gjennomført i søkemotoren BIBSYS, og resultatet av dette ble som nevnt flere lærebøker som kun omhandlet fremdriftsplanlegging. Søk etter litteratur om fremdriftsplanlegging i databasene for vitenskapelige artikler som Compendex og Scopus, gav kun artikler som var spesialisert innen et avgrenset tema. Dette ble vurdert som lite relevant for dette litteraturstudiet. Lærebøkene ble i stede supplert med masteroppgaver funnet ved søk i DAIM, og flere ulike kompendier skrevet av ansatte ved NTNU.

Søket på BIBSYS gav over 70 relevante treff på lærebøker, og det var derfor nødvendig med en systematisk utvelgelse. Ett av kriteriene som ble satt var at bøkene ikke skulle være utdatert, og det ble derfor stilt et krav om at litteratur ikke måtte være eldre enn fra 2005. Dette begrenset søket betydelig. Neste kriterium var at bøkene kun skulle ta for seg temaet

fremdriftsplanlegging. Her ble det gjort noen unntak, da det ble tatt med et par bøker som setter planlegging i sammenheng med prosjektledelse. Fordelen med bøkene som bare handler om fremdriftsplanlegging, er at de mest sannsynlig ikke utelukket noe vesentlig. Fordelen med bøker om prosjektledelse, er at det som står om fremdriftsplanlegging ofte er mer kortfattet.

Begrunnelse

Pensumbøker kan i følge Dalland (2012) betraktes som sekundær litteratur der tidligere meninger har blitt gjengitt. På den andre siden mener Olsson (2011) at bøker, og spesielt pensumbøker, er bra kilder. I dette tilfellet har bøkene blitt vurdert som egnet. For å kunne skrive en tekst som senere vil bli lest av mange studenter, er det viktig å ha god innsikt innen temaet. Lærebøker skrevet for studenter på universitetsnivå er som regel lettfattelige, samtidig som de supplerer teori med eksempler. Dette er altså litteratur som passer bra til å gi forståelse for temaet. Hensikten med kompendiet om fremdriftsplanlegging er å gi studentene en lett innføring i de ulike aspektene ved planlegging, for deretter å utfylle denne informasjonen med betraktninger fra den norske byggebransjen. Det er derfor ikke ansett som avgjørende med litteratur som søker dybde i temaet.

Det ble tatt utgangspunkt i seks forskjellige lærebøker, der noen av dem ble lest fra perm til perm, mens andre ble brukt som oppslagsverk der det var behov for mer informasjon. Forfatterne av de bøkene som ble brukt var alle tilknyttet et universitet, noe som øker troverdigheten til litteraturen. Målgruppen til de ulike lærebøkene var varierende, men de fleste hadde studenter på universitetsnivå som hovedmålgruppe, og noen av bøkene hadde i tillegg ledere i byggebransjen som målgruppe. Målet med bøkene var også nokså likt, nemlig å gi en bred oversikt over de vanligste planleggingsmetodene eller temaene. Dette ble vurdert som meget relevant informasjon til bruk i kompendiet.

Det er benyttet flere masteroppgaver i denne oppgaven, og for noen deltemaer utgjør de hovedkilden. Alle de brukte masteroppgavene er fra 2012 eller tidligere og omhandler aktuelle temaer som lærebøkene foreløpig ikke dekker. For å redusere risikoen for at dårlige masteroppgaver ble benyttet som kilde, er det tatt utgangspunkt i oppgaver med forfattere som det var mulig å ta kontakt med. Deres personlige inntrykk forsterket den positive oppfatningen som oppgavene deres gav, og oppgavene ble derfor vurdert som sikre kilder.

Informasjon og bilder fra forelesninger som omhandler fremdriftsplanlegging har også vært tilgjengelig, men det ble forsøkt å unngå å bruke forelesningsnotater som kilde. Dette er fordi forelesningsnotater er upubliserte kilder som det er vanskelig å lete opp igjen. En annen grunn til å begrense bruken av forelesningsnotater, er at studentene kan ha deltatt i de samme emnene tidligere. Det er lite hensiktsmessig å bruke de samme eksemplene og illustrasjonene som studentene kanskje har sett før.

2.2.2. Intervju

Totalt ble det gjennomført intervjuer med ni forskjellige personer fra seks ulike bedrifter i bygge- og anleggsbransjen. Intervjuobjektene ble strategisk valgt ut etter deres faglige

DEL I

bakgrunn, og felles for alle var at de hadde erfaring innen fremdriftsplanlegging. Fem av intervjuobjektene har tidligere bidratt til undervisningen innen temaet i emnet Produksjonsteknikk, og disse ble anbefalt av veileder. To av dem ble valgt fordi de hadde mye kompetanse innen ett av deltemaene. Navnene deres kom frem under gjennomgang av litteratur. De to siste intervjuobjektene ble valgt ut for å øke mangfoldet i utvalget, da det var ønskelig med noe variasjon innen bedrift, bakgrunn og arbeidsoppgaver.

Intervjuguidene varierte noe fra intervju til intervju, og en årsak til dette var at bakgrunnen og innsikten til intervjuobjektene varierte. Intervjuene ble også gjennomført med utstrekning over tre måneder, og behovet for informasjon endret seg naturlig nok i denne perioden. Spørsmålene ble derfor i ulik grad tilpasset hvert enkelt intervju, og tilsendt intervjuobjektene minst et par dager før gjennomføringen. Stort sett har intervjuguiden inneholdt tre hovedtema:

- Oppbygning og selve planen
- Læring
- Fremdriftsplan og kontrakt

Samtidig dekket intervjuguidene omtrent alle de ulike temaene som tas opp i kompendiet om fremdriftsplanlegging. De ulike intervjuguidene er gitt i Vedlegg 2.

Intervjuobjektene ble gjort oppmerksomme på at de kom til å bli sitert i teksten med kildeføring av typen Vancouver-stil. Med tillatelse fra intervjuobjektene ble det gjort lydopptak underveis, som deretter ble transkribert. Etter at kompendiet om fremdriftsplanlegging var ferdig, ble det tilsendt alle intervjuobjektene for godkjenning.

Hensikten med intervjuene var todelt. Et mål var å innhente kvalitativ informasjon om fremdriftsplanlegging i praksis som kunne utfylle litteraturen. Et annet mål var å innhente beskrivelser av situasjoner og hendelsesforløp som kunne brukes i teksten som supplerende eksempler. Intervjuene ble utført som en samtale, der intervjuguiden ble brukt som utgangspunkt. Intervjuguiden ble ikke til en hver tid fulgt, ettersom intervjuobjektene kom inn på temaer i tilfeldig rekkefølge. Intervjuobjektene har alle blitt sitert i teksten en rekke ganger, og en kan dermed si at forskningsmetoden har fungert godt.

2.2.3. Spørreundersøkelse

I øvingsopplegget til emnet Produksjonsteknikk er en av oppgavene å lage en fremdriftsplan for et gitt byggeprosjekt. Etter at studentene hadde levert inn øvingen som omhandlet dette, ble de spurt om forkunnskaper og hva de savnet av informasjon når de laget fremdriftsplanen. Spørreskjemaet ble utarbeidet og gjort tilgjengelig på It's Learning 15. mai 2014. Det at den ble sendt ut under én måned før innleveringsfristen til denne masteroppgaven førte til at svarene i hovedsak ble brukt til å bekrefte antakelser og til å gjøre små justeringer av teksten. Et sammendrag av resultatene er gitt i kapittel 3, og spørreundersøkelsen med fullstendig resultat kan ses i vedlegg 3.

Det var to formål med undersøkelsen, der det ene var å kartlegge hvor mye kunnskap elevene hadde om fremdriftsplanlegging fra før de tok emnet. Dette ble brukt til å bestemme det endelige nivået til kompendiet, og gi en pekepinn på hvor detaljerte forklaringene trengte å være. Det andre formålet var å finne ut nøyaktig hvilken litteratur det var bruk for. Undersøkelsen besto av fire spørsmål der tre av dem omhandlet det siste formålet. Først ble studentene spurt hva de syntes var mest utfordrende, deretter ble de spurt om hva de mente var nyttig å ha mer litteratur om. Til slutt ble det satt opp en liste over de temaene som fremdriftskompendiet inneholdt, og studentene skulle angi i hvilken grad de trodde de ville ha benyttet litteratur om temaene.

Undersøkelsen var lagt opp slik at kun ett spørsmål ble vist om gangen, noe som skulle sikret at studentene ikke ble påvirket av senere spørsmål. Spesielt på spørsmålet om hva de mente ville være nyttig å ha litteratur om, var det ønskelig med et upåvirket svar. Kun slik ble det mulig å se om den opprinnelige disposisjonen manglet viktige temaer.

For å sikre at flest mulig tok undersøkelsen ble det gjort noen enkle grep, for eksempel ble det gjort klart at spørreundersøkelsen var anonym. Flere av spørsmålene skulle besvares med åpne bokser, og noen studenter ville kanskje ikke ha gitt like ærlige svar hvis de visste at det var mulig å se hvem som svarte hva (Aksnes AS, 2014). Undersøkelsen var kort med kun fire spørsmål, og dette ble påpekt i teksten som ble publisert på It's Learning. Det ble også presisert hva svarene skulle brukes til, noe som kan ha motivert flere til å svare (Aksnes AS, 2014). Spørsmålene ble utviklet etter tips og råd fra spørreundersøkelser.no.

2.3. Feilkilder

Under vil det blir presentert noen feilkilder som blir sett på som aktuelle for litteraturstudiet, intervjuene og spørreundersøkelsen. Dette er gjort fordi ved å identifisere de mest relevante feilkildene, kan det være enklere å håndtere dem videre i arbeidet.

Litteraturstudiet

Litteraturstudiets feilkilder kan henge sammen med søket. Søket ble gjennomført ved bruk av flere søkemotorer, mange forskjellige søkeord og kombinasjon av flere søkeord. Likevel er det ingen garanti for at det er de beste søkeordene som er brukt, eller at det er de beste kildene som er funnet. Underveis i søket ble det ikke brukt mye tid på databaser som for eksempel Scopus og Compendex, da det ikke umiddelbart fremkom så mye relevant informasjon her. Dette kan ha vært en feilvurdering, og det er mulig at godt egnede kilder aldri ble funnet.

I et tidsbegrenset prosjekt som denne masteroppgaven er, har det blitt for knapp tid til å lese så mye litteratur som ønsket. Dette innebærer at selv om mange gode kilder er funnet, kan det hende at potensialet ikke har blitt utnyttet til det fulle på grunn av tidsbegrensning.

Intervju

Ved intervju kan det oppstå mange ulike feilkilder. For eksempel har rekkefølgen som spørsmålene stilles i noe å si. Hvis svaret til intervjuobjektet har blitt påvirket av et annet spørsmål som er stilt tidligere, er dette en feilkilde (Dalland, 2011).

Spørsmålene ble laget på forhånd, og det er mulig at formuleringen av spørsmålene kan ha påvirket svarene som intervjuobjektene gav. Bruk av ledende spørsmål er derfor en mulig feilkilde i dette tilfellet.

Intervjuobjektene var tilknyttet firmaene Skanska, Veidekke, NCC, HENT, Norconsult og HR Prosjekt. Meningen var at ved å intervjuere personer fra flere forskjellige bedrifter, kunne en få et bredere resultat. Intervjuobjektene ble strategisk utvalgt etter deres kompetanse innen fremdriftsplanlegging, noe som gjorde at mange av dem hadde omtrent like arbeidsoppgaver og bakgrunn. Det ble forsøkt å bøte på dette med å intervjuere flere personer med andre bakgrunner, og derfor ble én representant fra en byggherre intervjuet, én formann og én kalkulator intervjuet. Dette er en feilkilde, og en mulig forbedring her hadde vært å utvide med å involvere enda flere bedrifter med enda mer spredning i arbeidsoppgaver.

Antall intervjuobjekter i denne oppgaven kan også ha vært for begrenset, og det kan derfor hende at svarene som er gitt ikke er representative nok for bransjen. Ved å ha flere intervjuobjekter kunne man fått et bredere grunnlag for de utsagnene som er brukt i kompendiet.

Spørreundersøkelse

Spørreundersøkelsen ble gjort tilgjengelig for 30 studenter. Totalt var det 12 personer som svarte, noe som gir en noe lav svarprosent på 40 %. Resultatene må derfor behandles forsiktig. Spørsmålene i undersøkelsen var av typen åpne spørsmål, noe som gjør at hele datamengden må behandles, og det blir vanskelig å settes en konkret konklusjon (Fellows and Liu, 2008). Fordi hensikten ikke er å konkludere, blir det i dette tilfellet ikke ansett som et problem at det er få respondenter.

Ved denne undersøkelsen svarte respondenter selvstendig eller alene, en feilkilde kan være at studentene har svart det de tror de burde svare, og ikke nødvendigvis hva de mener (Fellows and Liu, 2008).

Et av spørsmålene var en matrise med fem ulike graderinger. Alternativet «vet ikke» ble lagt til, for at de usikre svarene skulle samles i den kategorien i stedet for å bli mikset med alle de andre alternativene (Aksnes AS, 2014). I dette tilfellet utgjorde dette en feilkilde ved at det ikke kom frem om studentene ikke visste om de ville lese om temaet, eller om de ikke kjente til metoden.

2.4. Kvalitetssikring av data

Når en henter inn informasjon er det viktig å gjennomføre en kvalitetssikring av disse dataene. Dette kan gjøres med tanke på validitet, og med tanke på reliabilitet (Samset, 2008). Validitet handler om relevans eller gyldighet, altså at en skal samle inn data som er relevant i forhold til problemstillingen (Larsen, 2007). Reliabilitet viser til nøyaktighet eller pålitelighet, altså at målingene er utført korrekt og at eventuelle feilmarginer er angitt (Dalland, 2012). God reliabilitet innebærer også at informasjonen er etterprøvable (Larsen, 2007).

Validiteten til litteraturstudiet henger sammen med hvor relevant den valgte litteraturen er. Når det gjelder litteraturen som er brukt i kompendiet, er alle kildene funnet gjennom databaser godkjente av NTNU-biblioteket, og alle kildene omhandler fremdriftsplanlegging. Validiteten vurderes derfor som god.

Ved bruk av kvalitative undersøkelser kan det i følge Larsen (2007) være enklere å sikre høy validitet enn ved kvantitative undersøkelser. Under intervjuene hendte det at spørsmålene ble tilpasset ettersom intervjuobjektene kom inn på andre viktige tema innen fremdriftsplanlegging. Intervjuguiden ble godkjent av veileder før den ble brukt, for å sikre at spørsmålene var relevante. De nevnte tiltakene var med på å bidra til mer valid informasjon.

Reliabiliteten til intervjuene er avhengige av at man får samme resultat ved en eventuell etterprøving (Larsen, 2007). Intervjuobjektene kom fra forskjellige bedrifter, og de hadde ulike stillinger og arbeidsbakgrunn. Noen av spørsmålene ble stilt til alle intervjuobjektene, og det viste seg at mange svarte det samme. Dette tyder på at reliabiliteten er god. Informasjonen ble også behandlet på en ryddig måte ved at alle intervjuene ble tatt opp på lydbånd, og senere transkribert. Dette kan ha bidratt positivt til reliabiliteten (Dalland, 2012).

Under et intervju er det fullt mulig at intervjuobjektene har blitt påvirket av situasjonen, og av den som intervjuer, til å svare noe annet enn hva de kanskje ville ha gjort i en annen sammenheng (Larsen, 2007). Etter at et førsteutkast av kompendiet var klart, fikk alle intervjuobjektene mulighet til å sjekke sitatene sine. Ingen av intervjuobjektene korrigerer uttalelsene sine i stor grad, og dette tyder på god reliabilitet. Sitatsjekk minsker også sannsynligheten for at den innhentede informasjonen ble feiltolket.

Spørreundersøkelsen ble sendt ut til studenter som deltar i emnet Produksjonsteknikk, dermed vil deres meninger være meget relevante i denne sammenheng. Det kan hende at undersøkelsen ikke får med alt som det burde bli spurt om, men validiteten vurderes likevel som god. Ved at det er brukt åpne spørsmål i undersøkelsen kan det bli vanskelig å etterprøve resultatet, bortsett fra ett av spørsmålene som var et matrisespørsmål. Dette spørsmålet lar seg etterprøve, og reliabiliteten til spørreundersøkelsen vurderes derfor totalt sett som god.

3. Spørreundersøkelse

I dette kapittelet vil det bli gitt et sammendrag for hvert av de fire spørsmålene som undersøkelsen besto av. Spørsmålene er gjengitt i teksten med fet skrift. De tre første spørsmålene var åpne, mens det siste var et matrisespørsmål. Alle enkeltbesvarelsene fra spørreundersøkelsen er gitt i vedlegg 3.

Hva kunne du om fremdriftsplanlegging fra før du tok dette faget?

Over halvparten av respondentene svarte at de kunne lite om fremdriftsplanlegging fra før. Flere sa at de hadde sett på noen fremdriftsplaner i forbindelse med sommerjobb eller tidligere fag, men at de ellers hadde lite kunnskap. Kun to respondenter svarte eller viste at de kunne mye om fremdriftsplanlegging.

Hva var den største utfordringen med å lage fremdriftsplanen til Børsa Skole?

På dette spørsmålet svarte de fleste respondentene flere forskjellige faktorer. Det var likevel mulig å sortere ut momenter som betydde det samme. Tabell 3.1 viser de ulike momentene med tilhørende antall personer som svarte det samme.

Tabell 3.1: Utfordringer med å lage fremdriftsplan

Svar avgitt av studentene	Antall studenter som svarte dette							
Å beregne varigheten til aktivitetene								
Lite litteratur på emnet								
Bestemme aktiviteter								
Bemanning								
Lite info om prosjektet								
Dataprogrammet								
Få det til å stemme logistikkmessig								

Hva mener du det kunne vært nyttig å ha mer litteratur om når det gjelder fremdriftsplanlegging?

Svarene på disse spørsmålene var veldig spredt med forskjellige tilnærminger. Disse kan leses i sin helhet i vedlegg 3. Det som gikk igjen flere ganger var ønske om flere eksempler og ønske om enhetstall eller måter å finne varigheten til aktiviteter på. Et utdrag med de vanligste svarene er her gitt:

- Hvordan en kan finne varigheten til ulike aktiviteter
- Prosjektnedbryting
- Hvor mye margin man burde planlegge med
- Typiske fallgruver ved fremdriftsplanlegging
- Beskrivelser av detaljeringsnivå
- En samling med prosjekter fra virkeligheten
- Koordinering mellom aktører på innvendige arbeider
- Veiledning til dataprogram

Under er det ramset opp noen av temaene som kommer innunder fremdriftsplanlegging. Angi i hvor stor grad du tror du ville ha benytte litteratur av hvert av disse temaene hvis det var tilgjengelig. «I stor grad» vil bety at du tror du ville ha benytte deg av litteratur om dette for å lage planen, mens «ikke i det hele tatt» vil bety at du ikke ville ha benyttet litteratur om det uansett.

Hele resultatet for dette spørsmålet er vist i Tabell 3.2. Prosentandelen angir hvor mange av studentene som har krysset av for alternativet.

Tabell 3.2: Interesse for litteratur fremdriftsplanlegging

	i stor grad	i noen grad	vet ikke	i liten grad	ikke i det tatt
Prosjektnedbryting (WBS)	16,7 %	50 %	8,3 %	8,30 %	16,7 %
Beregning av varighet	91,7 %	8,3 %	0 %	0 %	0 %
Gantt-diagram	33,3 %	8,3 %	50 %	8,3 %	0 %
Nettverksdiagram	0 %	8,3 %	75 %	8,3 %	8,3 %
Skråstreksplanlegging	0 %	16,7 %	66,7 %	8,3 %	8,3 %
Digitale verktøy	41,7 %	50 %	8,3 %	0 %	0 %
Ressursplanlegging	41,7 %	58,3 %	0 %	0 %	0 %
Oppfølging av fremdriftsplan	16,7 %	75 %	8,3 %	0 %	0 %
Involverende Planlegging	41,7 %	50 %	0 %	8,3 %	0 %
Taktprinsippet	50 %	33,3 %	16,7 %	0 %	0 %
Planlegging i 4D	8,3 %	25 %	50 %	8,3 %	8,3 %
Usikkerhet i fremdriftsplanlegging	33,3 %	50 %	8,3 %	0 %	8,3 %
Fremdriftsplanlegging og kontrakt	16,7 %	50 %	16,7 %	8,3 %	8,3 %

Del II

Kompendium om fremdriftsplanlegging

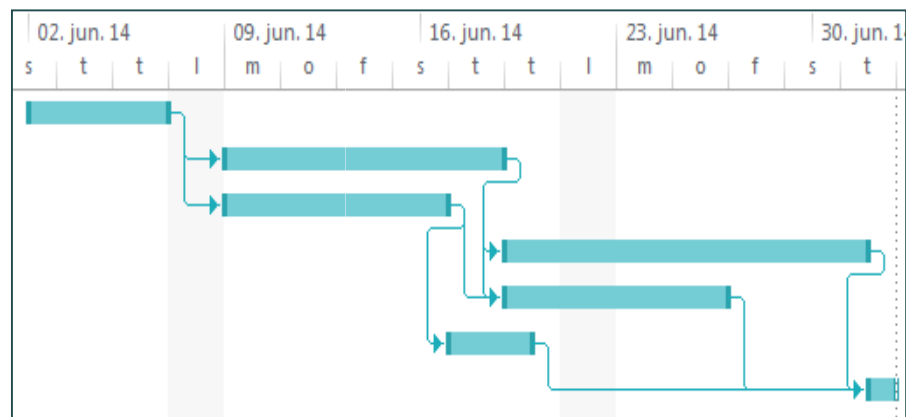
Stine Halleraker

TBA4130 Produksjonsteknikk i

bygge- og anleggsprosjekt

Fremdriftplanlegging

Trondheim, 10. juni, 2014



Innholdsfortegnelse

1. HVORFOR FREMDRIFTSPLANLEGGE	25
1.1. FREMDRIFTSPLANENS FUNKSJONER.....	25
1.2. LÆRINGSMÅL	26
1.3. BEGREPSLISTE.....	26
2. HISTORIE.....	29
3. PROSJEKTNEDBRYTING.....	31
3.1. GENERELT	31
3.2. NIVÅER	33
3.3. REKKEFØLGE.....	34
4. BEREGNING AV VARIGHET	35
4.1. ERFARINGSTALL.....	35
4.2. AKKORDTARIFF.....	36
4.3. KORTE NED PROSJEKTET	37
5. PLANLEGGINGSMETODER.....	39
5.1. GANTT-DIAGRAM	39
5.2. NETTVERKSDIAGRAM.....	40
5.3. CRITICAL PATH METHOD (CPM)	41
5.4. PERT	45
5.5. CRASHING	48
5.6. SKRÅSTREKSPLANLEGGING.....	49
6. DIGITALE VERKTØY.....	53
7. RESSURSPANLEGGING.....	55
7.1. GENERELT	55
7.2. BUFFER	57
8. OPPFØLGING.....	59
8.1. FREMDRIFTSOPPFØLGING	59
8.2. PROSJEKTOPPFØLGING	60
9. NYERE METODER.....	65
9.1. INVOLVERENDE PLANLEGGING	65
9.2. TAKT.....	70
9.3. PLANLEGGING I 4D.....	72
10. USIKKERHET	75
11. FREMDRIFTSPLANLEGGING OG KONTRAKT	77
REFERANSER.....	79
12. EKSEMPLER.....	83
12.1. EKSEMPEL 1	83
12.2. EKSEMPEL 2	85
13. NORMALFORDELINGSTABELL	88

1. Hvorfor fremdriftsplanlegge

I forbindelse med eksamensforberedelser kan det være fornuftig å sette opp en oversikt over hele eksamensperioden. Dette kan være nødvendig for å få disponert tiden riktig, og mange studenter gjør dette allerede. Det er naturlig å lage planen i et oversiktlig format, som for eksempel kalenderformat. I denne kan du føre opp de viktigste datoene, som eksamensdatoer, innleveringsfrister, 17. mai eller andre helligdager. Det siste punktet er viktig å få med slik at du husker å handle inn til middag de dagene butikken er stengt. Når denne planen er klar kan du begynne å fordele de tilgjengelige lesedagene på de fagene du har. Noen fag er vanskelige og krever mer tid, mens andre gjerne er greie og krever mindre tid. Ved å sette dem opp på planen får du en visuell oversikt over hvor mye tid du har tilgjengelig for de ulike fagene.

Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
		1 Lese på Prod.tek	2	3 Innlevering Eit	4	5
6 Bestemor har bursdag!	7	8 Kjøp inn mat!	9 Lese på fag 1	10	11	12
13 Lese på fag 2	14	15	16	17 	18 Kjøp inn mat!	19
20	21 Eksamen	22	23	24	25	26
27 Eksamen	28	29	30	31 Ekamen Prod.tek!		

Figur 1: Eksempel på eksamensplan for mai 2013

Om du har laget en slik plan noen gang, har du brukt flere av de metodene som brukes i fremdriftsplanlegging på byggeprosjekter. Ved å sette inn eksamensdatoer og lignende, har du satt inn de viktigste milepælene. Når du fordelte lesedager på de ulike fagene, gikk du kanskje frem og tilbake og vurderte hva som ville bli den beste fordelingen. Etter at eksamensperioden var kommet godt i gang måtte du kanskje gjøre endringer fordi du nå hadde en bedre forståelse for omfanget av de ulike fagene. På denne måten lages og utvikles også fremdriftsplaner, om enn i litt større skala.

1.1. Fremdriftsplanens funksjoner

En eksamensplan sørger for at du får oversikt over perioden, mens en fullverdig fremdriftsplan har langt flere viktige funksjoner. For det første henger tid sammen med penger, det er nemlig kostbart å drifte en byggeplass. Ved god planlegging blir som regel byggetiden kortere, buffere innskrenket og leieperioden for utstyr kortere. Alle disse tilfellene bidrar til å spare penger, ergo kan god fremdriftsplanlegging redusere kostnader i et byggeprosjekt (1).

Det er mange ulike aktører som bidrar til et byggeprosjekt, og alle er avhengig av planer for at samhandlingen skal kunne gå (1, 2). Det er for eksempel viktig at byggeplassen er klar når en

ny entreprenør skal komme inn og gjøre sin jobb. Uten planlegging på forhånd ville det vært vanskelig for de ulike aktørene å forutse når deres del av arbeidet kan begynne.

Før et prosjekt starter opp er det viktig at bemanningen er kjent, fordi den påvirker varigheten til aktivitetene (1). Andre ressurser må også avklares, som for eksempel antall kraner, og hvor lenge de skal leies. Ikke minst må det velges hvordan de forskjellige aktivitetene skal utføres. Ved utforming av en fremdriftsplan vil tilgjengelig tid per aktivitet bli mer fastsatt, og det vil ofte gi svaret på hvilken utførelse som passer best.

Hovedfremdriftsplanen danner grunnlag for flere andre planer: En innkjøpsplan inneholder frister for materialleveranser, en beslutningsplan viser når de ulike beslutningene må tas, og en kontraheringsplan viser når ulike underentreprenører må være på plass (1). Dette er tre eksempler på tre viktige planer som er nødvendige for en god byggeprosess.

En fremdriftsplan gir også viktig informasjon til eksterne aktører som naboer, eier eller myndigheter. Dette kan for eksempel være informasjon om når prosjektet skal være ferdig, eller når de kan vente seg støyende aktiviteter og hvor lenge de kan forvente at de varer (3). Mye informasjon kan leses ut i fra en plan, og disse opplysningene sørger rett og slett for en god flyt for alle aktører og alle fag som er involvert i prosjektet (4). Under gjennomføringsfasen må prosjektet følges opp med tanke på både fremdrift og økonomi. I begge tilfeller tas det utgangspunkt i fremdriftsplanen (2). Dette er altså nok et punkt som viser hvor viktig fremdriftsplanen er.

1.2. Læringsmål

Det finnes i realiteten like mange måter å lage en fremdriftsplan på som det finnes fremdriftsplaner. Dette kompendiet skal derfor kun gi innsikt i de mest brukte metodene og ta for seg det som kan anses som beste praksis. Det blir her en innføring i de tradisjonelle prinsippene og metodene, i tillegg til nye metoder som stadig utvikles og er på vei inn i bransjen. Det vil bli lagt vekt på hvordan en plan kan fremstilles for at alle involverte skal forstå den. Andre temaer som prosjektnedbryting, ressurser, oppfølging og usikkerhet vil også bli belyst. Hovedmålet er gitt av læringsmålene for faget TBA4130 *Produksjonsteknikk*, og det er at det skal være mulig å bygge opp en enkel fremdriftsplan ved å sette seg inn i dette kompendiet. Delmålet er at du skal få en forståelse for de vanligste utfordringene som kan oppstå ved fremdriftsplanlegging.

1.3. Begrepsliste

I den videre teksten vil det bli benyttet flere begrep som er spesielle for fremdriftsplanlegging, disse er forklart i Tabell 1.

Tabell 1: Begrep innen fremdriftsplanlegging (5, 6)

Ord	Forklaring
Aktivitet	En eller flere arbeidsoppgaver som krever ressurser for å bli utført.
AOA-nettverk	Nettverk som bruker piler for å representere aktiviteter og noder for å representere start og slutt på aktivitetene.
AON-nettverk	Nettverk der aktivitetene blir representert av noder og relasjonen mellom dem blir representert med piler.
Avhengighet	Rekkefølgerelasjon mellom aktiviteter.

DEL II

Avvik	Forskjell mellom planlagt og faktisk utført arbeid.
Bakover i nettverket	Beregning av aktivitetenes sene start og sene slutt ved å gå bakover i nettverket. Fra engelsk <i>Backward pass</i> .
Bakoverplanlegging	Metode fra LPS som inkluderer underentreprenørene i et prosjekt til å delta i planleggingen. Er entreprenøren Skanska sitt begrep.
Bart Chart	Se Gantt-diagram.
Bemanning	Mannskap som utfører arbeidet.
Beslutningsplan	Angir siste frist for blant annet byggherrebeslutninger.
Buffer	Mekanisme som håndterer variasjoner ofte i form av ekstra tid, aktiviteter eller bemanning.
CPM – Critical path method	Teknikk for nettverksplanlegging.
Crashing	Egen teknikk for å redusere varigheten til et prosjekt. Formålet er å korte ned mest mulig til en lavest mulig kostnad.
Dagmulkt	Et beløp som entreprenøren må betale hver dag prosjektet er forsinket.
Earned Value	Multidimensjonal oppfølging.
Endringsordre	Formell ordre som forandrer arbeidsomfang eller leveranser i kontrakten.
Erfaringstall	Tall fra tidligere prosjekter med tilsvarende aktiviteter. Ofte egne tall for hver bedrift.
Enhetstider	Angitt tid per mengde for en arbeidsoperasjon.
Flyt	Den maksimale tiden en aktivitet kan forskyves uten å påvirke etterfølgende aktivitet eller sluttdatoen til prosjektet.
Force majeure	Forhold som er utenfor involverte parters kontroll.
Forsere	Påskynde en aktivitet slik at den blir gjennomført på kortere tid.
Fremdriftsplanlegging	Planlegging av et bygge- eller anleggsprosjekt med tanke på blant annet aktiviteters rekkefølge og varighet.
Fremmover i nettverket	Beregning av aktivitetenes tidlig start og tidlig slutt ved å gå fremover i nettverket. Fra engelsk <i>Forward pass</i> .
Frontlinje	Vertikal linje som angir dags dato i en fremdriftplan.
Gantt-diagram	Prosjektplan som viser aktiviteter langs en tidsakse.
Hendelse	Det tidspunktet hvor en aktivitet starter eller slutter.
Involverende Planlegging	Entreprenøren Veidekkes tilpasning til the Last Planner System.
Innkjøpsplan	Plan over fremtidige innkjøp.
Kontrollområde	Avgrenset område med tilnærmet lik arbeidsmengde. Begrep brukt ved taktplanlegging.
Kritisk aktivitet	En aktivitet uten flyt. En hver endring i fremdriften for denne aktiviteten vil påvirke sluttdatoen til prosjektet.
Kritisk vei	En sammenhengende kjede av kritiske aktiviteter fra start til slutt i prosjektet.
Lag	Engelsk begrep som kan oversettes med tidsforsinkelse.
Lappeteknikk	Innebærer det samme som Bakoverplanlegging. Er entreprenøren Veidekke sitt begrep.
LPS - Last planner system	Planleggingsfilosofi som blant annet går ut på at den som utfører arbeidet skal være med på planleggingen.
Milepæl	En planlagt registrerbar hendelse knyttet til en definert ferdigstilling eller et oppnådd resultat.
MS Project	Dataverktøy for fremdriftsplanlegging.
Nettverksdiagram	Skjematisk presentasjon av relasjoner mellom aktiviteter og/eller hendelser.
Node	Knutepunkt som enten forbinder aktiviteter eller som representerer

DEL II

	aktiviteter.
Oppfølging	Registrering av fremdrift og om nødvendig iverksettelse av korrigerende tiltak.
PERT – Program evaluation and review technique	Teknikk for nettverksplanlegging med stokastiske anslag for aktivitetenes varighet.
Planlegging i 4D	Fremdriftsplanlegging tilknyttet en BIM-modell.
Primavera	Dataverktøy for planlegging.
Produktivitet	Mål på forholdet mellom produsert mengde og innsatsfaktor brukt. Uttrykkes ofte som produkt produsert per timeverk.
Prosjektnedbryting	Systematisk måte å dele opp et prosjekt på.
Relasjon	Viser hvordan aktiviteter er avhengig av hverandre.
Ressurser	Alle innsatsfaktorer som kreves for å gjennomføre en aktivitet.
Restriksjon	Obligatorisk start- eller sluttidspunkt for en aktivitet.
Skråstrekplanlegging	Planleggingsmetode som fremstiller aktiviteter i et diagram med stedsakse og tidsakse.
Slakk	Er et annet ord for flyt.
Taktplanlegging	Planleggingsmetode fra Lean Construction.
Trinnvis-prosessen	En systematisk metode for bearbeiding av prosjektinformasjon. Dette skal skape et godt grunnlag for planlegging, beslutninger og styring av prosjektet.
Usikkerhet	Mangel på informasjon, kunnskap og kontroll over et fremtidig saksforhold.
Varighet	Den tid det tar å utføre et prosjekt eller en aktivitet.
WBS - Work Breakdown structure	Se prosjektnedbryting.

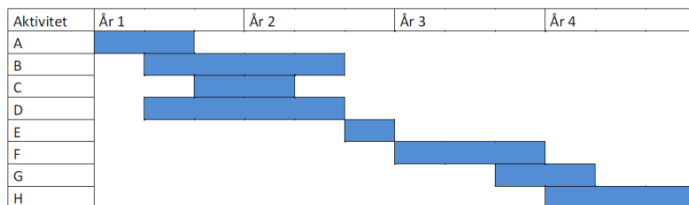
Tilleggs litteratur

Dersom det er ønskelig å lese mer om fremdriftsplanlegging utover det dette kompendiet dekker, finnes det flere gode bøker på NTNU Universitetsbiblioteket. «Construction Planning and Scheduling» av Jimmie W. Hinze kan anbefales. To andre gode bøker som også finnes som e-bok er «Construction Project Scheduling and Control» av Saleh Mubarak, og «Construction Management JumpStart» av Barbara J. Jackson. Alle bøkene kan søkes opp fra www.ntnu.no/ub.

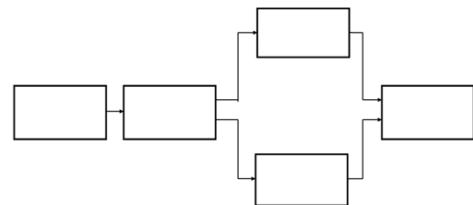
2. Historie

Gjennom historien har det vært gjennomført store byggeprosjekter, som for eksempel de egyptiske pyramider, den kinesiske mur og de mange gotiske katedralene. Det vil være nærliggende å tro at også datidens prosjektledere var nødt til å planlegge for å kunne gjennomføre prosjektene. Hvor bra planene var er uvisst, men det tok i alle fall mange hundre år å gjennomføre de store byggeprosjektene (7).

Moderne fremdriftsplanlegging startet med Henry Gantt, en amerikansk ingeniør som i 1917 utviklet Gantt-diagrammet (7). Han utviklet denne metoden, og andre fremstillingsmetoder, først og fremst til produksjonskontroll i fabrikker. Byggebransjen har så lånt og tatt i bruk teknikkene (8). Figur 2 viser et eksempel på et Gantt-diagram.



Figur 2: Eksempel på Gantt-diagram



Figur 3: Eksempel på nettverksdiagram

Gantt-diagrammene viser aktiviteter enkelt i en tidslinje der en tykk strek representerer en aktivitet. Den største fordelen med diagrammet er at det gir et visuelt godt bilde av planen, noe som gjør den enkel å forstå med kun et raskt blikk. Dette gjør at Gantt-diagram er den mest brukte metoden i dag (7). Mer om dette i avsnitt 5.1.

På 1950-tallet samarbeidet to bedrifter om å lage *critical path method* (CPM) (8). Metoden går ut på å finne de aktivitetene som er mest kritiske for produksjonen. Metoden bruker nettverk som fremstilling, slik som vist i Figur 3. Omtrent samtidig utviklet den amerikanske marinen *Program evaluation and review technique* (PERT) for å samkjøre de mange entreprenørene som samarbeidet med å lage rakettvåpen til bruk i ubåter (8). PERT har likhetstrekk med CPM, men innebærer i tillegg statistiske sannsynligheter for varigheten til aktivitetene (8).

CPM-metoden utviklet seg videre til en metode som kalles Activity in Arrow (AOA). Her ble de statistiske komponentene fra PERT fjernet og det ble lagt vekt på metoder som regnet ut varigheten til aktivitetene. Senere ble det vanlig med en type nettverksdiagram som tilførte flere ulike relasjoner mellom aktivitetene (8). Alle de nevnte metodene vil bli bedre presentert i avsnitt 5.

I dag bruker så å si alle planleggere digitale verktøy for å lage fremdriftsplaner. Fra 1990-tallet kom metodikken LPS inn for fullt, og i dag brukes fremdriftsplanlegging også i sammenheng med BIM. De nyere planleggingsmetodene er presentert i kapittel 9.

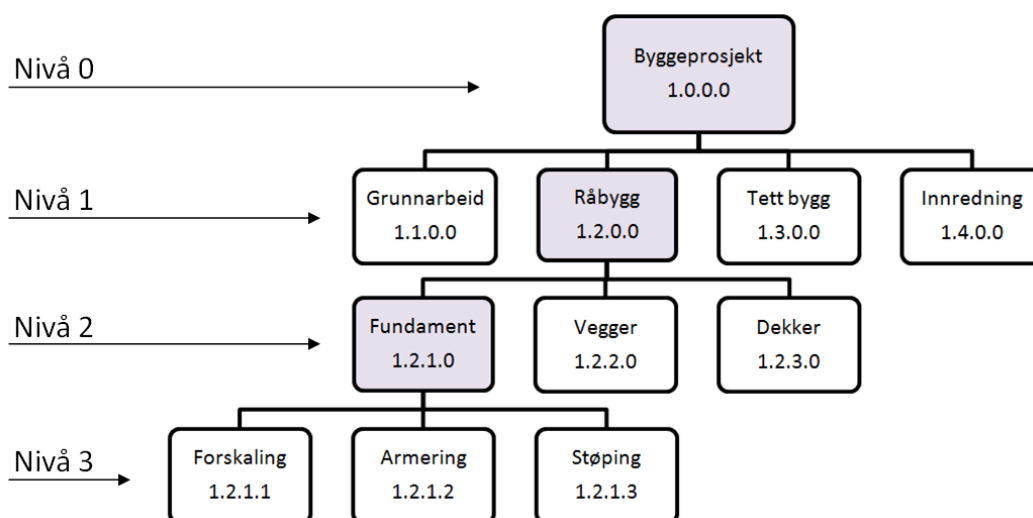
3. Prosjektnedbryting

En prosjektnedbryting kan være til stor hjelp dersom en ønsker å lage en god og gjennomtenkt fremdriftsplan. Før en kan starte med å sette opp en fremdriftsplan, er det nemlig en fordel å vite hvilke aktiviteter som skal inngå i planen. For mindre prosjekter er det forholdsvis enkelt å se hva som må gjøres for å nå prosjektmålet, og man kan lage fremdriftsplanen ved å sette en og en aktivitet i rekkefølge. I store og komplekse byggeprosjekter blir dette noe mer utfordrende, da det kan inngå flere hundre ulike aktiviteter i et prosjekt. Dersom man begynner planleggingen ved å sette aktiviteter i en logisk rekkefølge, er sjansen derfor stor for at aktiviteter kan bli utelatt (6). For å hindre at dette skjer, brukes ofte Prosjektnedbryting eller *Work Breakdown Structure* (WBS) som metoden heter på engelsk. Dette er en systematisk metode for å beskrive alt som skal inngå i en fremdriftsplan (6).

3.1. Generelt

Prosjektnedbryting går ut på å definere de største delene av et prosjekt, for så å dele de opp i mindre og mindre arbeider til man står igjen med aktiviteter som innebærer konkrete og avgrensede oppgaver (7). Hver deling representerer et nytt nivå, og på hvert nivå nedover i systemet blir det en økning i detaljeringsgraden til informasjon om prosjektdelene (6). For å unngå at et arbeid blir tatt med flere ganger er det viktig at komponentene i prosjektnedbrytingen er unike og godt definerte, samtidig er det også viktig at prosjektnedbrytingen inneholder alt arbeidet som skal gjennomføres i prosjektet (9). Detaljeringsgraden til arbeidspakkene vil variere med prosjektenes størrelse, varighet og kompleksitet. Det viktigste er at detaljeringsgraden innad i et prosjekt er bestemt, og at det holdes hele veien (7). Et annet viktig poeng er at prosjektnedbryting ikke bør gjennomføres av kun en person. Da er det bedre å danne en arbeidsgruppe med tverrfaglig kompetanse. (9).

En forenklet prosjektnedbryting med fire nivåer er vist i Figur 4. Her er aktivitetene i det nederste leddet, nemlig forskaling, armering og støping, enkle aktiviteter. Tilsvarende aktiviteter kan lages for vegger og dekker.



Figur 4: Prosjektnedbryting i fire nivåer

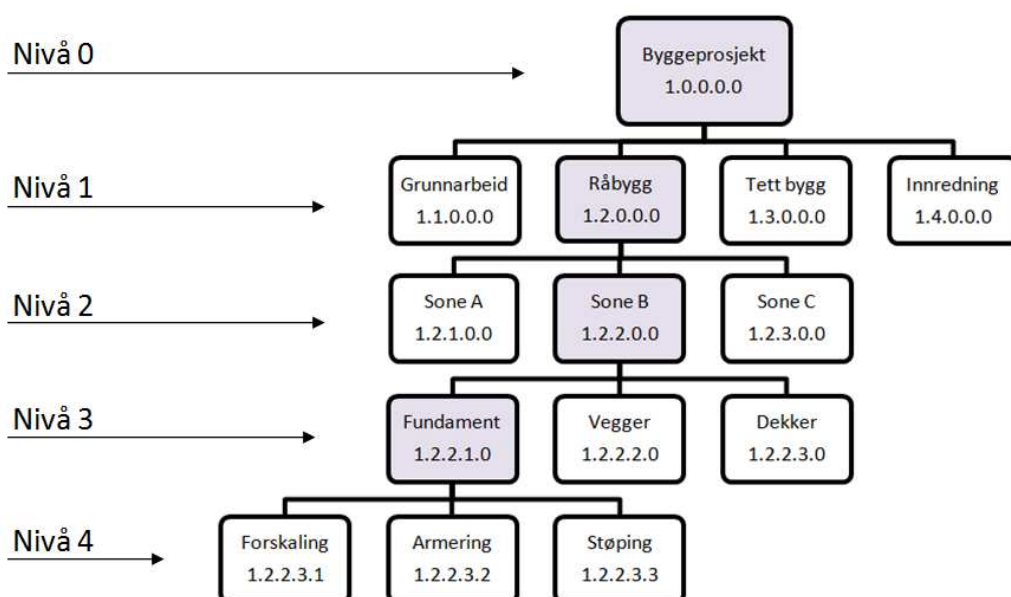
For å ha oversikt over de ulike inndelingene er det viktig å kode alle aktivitetene. Koden bør reflektere navnet på prosjektet, lokasjonen, type aktivitet eller lignende (10). Dette er viktig for å ha kontroll på planen. Som sagt kan en plan inneholde mange hundre aktiviteter, og da er planleggeren nødt til å kjenne seg igjen i planen til en hver tid (11).

Før et prosjekt kan brytes ned, er det nødvendig å vite noe om hvordan prosjektet skal gjennomføres og hvilke metoder som skal brukes. Denne informasjonen blir tilgjengelig i takt med utviklingen av prosjektet. Når prosjektet så er delt opp i mindre arbeidsoppgaver, har det til sammen blitt generert en del informasjon om disse oppgavene. Og når varigheten skal fastsettes, blir dette en enklere prosess enn om prosjektet ikke hadde blitt brutt ned.

Oppdelingen

Prosjektnedbrytingen for byggeprosjekt begynner ofte med å dele prosjektet inn i ulike hovedfaser som rigg, grunnarbeid, råbygg osv. Disse fasene skiller fra hverandre ved at de foregår på ulike tidspunkt, og dermed kan settes i en rekkefølge. I anleggsprosjekter er ikke tidsfasene like tydelige, og prosjektnedbrytingen mangler gjerne denne inndelingen.

Videre kan de bestemte hovedfasene igjen deles opp, og her er det vanlig å ta utgangspunkt i lokasjonen. Det er ønskelig at faseinndelingen er valgt ut etter et logisk prinsipp, og det kan være greit å følge bygningens geometri eller basere seg på etasjer (12). Et stort lagerbygg kan for eksempel deles inn etter et visst antall kvadratmeter, et komplisert kulturhus kan deles inn etter rommenes funksjon og et høyhus kan deles inn etter etasjer (12, 13). Inndelingene kan være gjentakende eller forskjellige for de ulike hovedfasene. Ved grunnarbeid er det kanskje ikke nødvendig med oppdeling i det hele tatt, mens i innretningsfasen er gode oppdelinger veldig viktig. Prosjektnedbrytingen i Figur 5 viser det samme som i Figur 4, men det er nå tatt med en enkel lokasjonsbasert oppdeling.



Figur 5: Prosjektnedbryting i fem nivåer

3.2. Nivåer

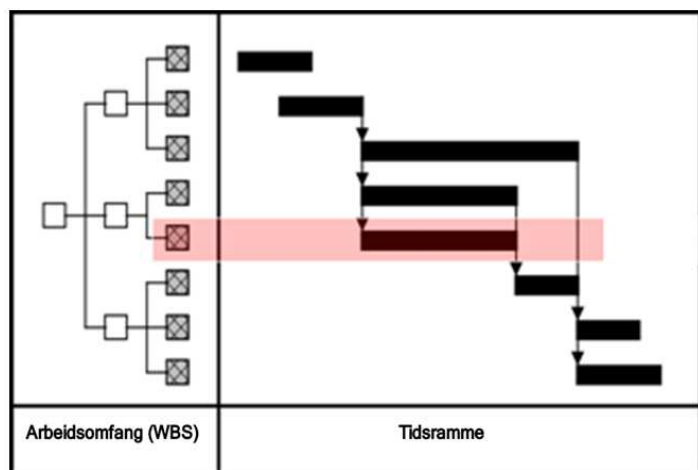
En prosjektnedbryting genererer som nevnt flere ulike planleggingsnivåer. De øverste nivåene går igjen i mange byggeprosjekter, og de vil derfor bli presentert her.

Hele prosjektet

Prosjektplanlegging for en totalentreprenør starter med at byggherren utvikler en overordnet fremdriftsplan som angir rammene til prosjektet. Planen kan for eksempel inneholde datoer for prosjektets start og slutt samt andre nøkkeldatoer. Hensikten med planen er blant annet å gi tilbyder et grunnlag å jobbe med (14). Dersom den brukte entreprisformen er separasjonsbasert, får entreprenøren en mer detaljert plan av byggherren (15).

Ved anbud

I kontraheringsfasen, der entreprenøren skal utvikle et pristilbud til byggherren, er det vanlig å bruke fremdriftsplanen som et hjelpemiddel. Prosessen vil bidra til å hjelpe kalkulatørene med å prisse nøkkelementer som skal inngå i anbudet. Hensikten med denne planleggingen er blant annet å identifisere byggemetoden og å vurdere elementer som kan påvirke tilbudsprisen (14). Som du kanskje har forstått er det naturlig å gjennomføre en prosjektnedbryting allerede i denne perioden. Videre utvikling av fremdriftsplanen går da ut på å koble aktivitetene til et tidsskjema, slik det er illustrert i Figur 6.



Figur 6: Prosjektnedbryting og Gantt-diagram

På dette nivået er variasjonen stor med tanke på hvor detaljerte planene lages. Noen entreprenører velger å detaljere prosjektnedbrytingen og fremdriftsplanene helt til aktivitetsnivå, mens andre gjør det mer overordnet (11).

Videre lager entreprenørene planer etter ønsket detaljeringsnivå. En fellesnevner er at de som regel er pålagt å dele en hovedfremdriftsplan med byggherren, som de vil bruke som et utgangspunkt for oppfølging (14).

Ved å ha flere nivåer på planen har planeieren en gylden mulighet til å filtrere ut deler av planen etter hva det er brukt for. Noen ganger er det behov for oversikt, mens andre ganger er detaljene viktige. Filtringen er også nyttig når planen skal deles med for eksempel underentreprenører, da kan de mest relevante bitene filtreres ut og sendes videre (12).

3.3. Rekkefølge

Etter en prosjektnedbryting kan rekkefølgen på aktiviteter være gitt av utførelsen. Der rekkefølgen enda er usikker, må den bestemmes i god tid før det nærmer seg utførelse. Ved planlegging av innredningsarbeidet er det flere entreprenører som velger å samle alle aktørene slik at de i fellesskap kan sette en rekkefølge, mer om det i avsnitt 9.1. For de andre fasene kan gjerne planleggeren sette opp en rekkefølge eller overlate ansvaret til noen som jobber tett på produksjonen (16).

4. Beregning av varighet

Et sentralt ledd innen fremdriftsplanlegging er å finne varighetene til de ulike aktivitetene, og dette kan gjøres på flere forskjellige måter. Dersom det er foretatt en grundig prosjektnedbryting er noen planleggere i stand til å estimere flere av aktivitetsvarighetene kun basert på erfaring (4, 15, 16). Det vanligste er likevel å basere estimeringene helt eller delvis på erfaringstall, eller bruke ekspertisen til for eksempel baser eller formenn som jobber tett på produksjonen (13, 15). Ofte samarbeider planleggeren og kalkulatøren på dette området. Dersom det kalkuleres etter aktiviteter, er det gjerne antatt et visst antall ressurser eller dager som det vanligvis går med på den type aktivitet, og dette kan planleggeren gjøre nytte av (15, 17). Dette krever at kalkylen og planen er bygget opp etter samme struktur (18).

4.1. Erfaringstall

I tilfeller der bedrifter har gjennomført og målt produktiviteten på lignende arbeider, kan de bruke disse erfaringstallene. Det er da viktig å tilpasse tiden i forhold til de ulike forutsetningene som er gitt for prosjektene. Informasjonen må heller ikke være utdatert (6, 7). Selv om en har gode tall, er det viktig å huske på at det alltid er forbundet usikkerhet rundt aktivitetenes varighet (6).

Det er stor variasjon mellom entreprenørene i hvor ofte de følger opp prosjekter for å få skaffe disse enhetstidene, men en fellesnevner for alle er at de var flinkere før (18). Det er nemlig fordyrende for prosjektet å foreta slike målinger (19). Dette er synd, fordi det kan være nyttig og prisbesparende både for planleggeren og for kalkulatøren å ha ferske erfaringstall og enhetstider å jobbe med (3).

En grunnleggende formel for å regne ut varighet er gitt ved (12):

$$T = \frac{\text{Mengde} \cdot \text{Produktivitet}}{\text{Bemanning} \cdot \text{timer per arbeidsdag}}$$

Mengde avhenger av hvilken type aktivitet som skal utføres, det kan være kubikkmeter betong som skal støpes, jord som skal bli gravd ut, kvadratmeter gipsvegg som skal skrues opp og så videre (20).

Produktiviteten til et arbeidslag uttrykkes som regel som forholdet mellom nødvendige arbeidstimer delt på en mengdeenhet. For eksempel kan $0,8 \text{ tv/m}^2$ være et uttrykk for hvor lang tid det tar å fliselegge én kvadratmeter (12).

Ofte er det slik at mengden er gitt, og produktiviteten er tatt fra erfaringstall, noe som vil si at varigheten blir bestemt av bemanningen (13, 15). Selv om enhetstidene ofte oppgir varigheten i timer, er det vanlig å oppgi varigheten til aktiviteter i dager. Det er derfor timer per arbeidsdag er lagt inn i formelen (20). Formelen over kan brukes i et eksempel:

Si at produktiviteten på fliselegging er $0,8 \text{ tv/m}^2$, arealet er 300 m^3 , antall arbeidere er 5 og den daglige arbeidstiden er 8 timer/dag. Da blir varigheten til aktiviteten:

$$T = \frac{0,8 \cdot 300}{5 \cdot 8} = 6 \text{ arbeidsdager}$$

Brukligheten til planen henger sammen med hvor nøyaktig varighetene er beregnet, og det kan derfor lønne seg å bruke god tid på denne prosessen (7). Denne prosessen blir i noen tilfeller iterativ ved at planleggeren går tilbake og justerer varigheter for ulike aktiviteter etter at planen er satt opp (11). Dette er kanskje nødvendig fordi det etter hvert viste seg at varigheten måtte kortes inn, eller fordi tilgjengelig bemanning avviker fra det som var antatt.

4.2. Akkordtariff

I byggebransjen er det vanlig å bruke akkord. Akkord er et prestasjonslønnssystem som gir fagarbeiderne betalt etter hvor mye de produserer. Et akkordlønnssystem som fungerer godt kan både øke produktiviteten for bedriften, og bidra til høyere lønn for arbeidstakerne (21). For at dette skal gå finnes det tariffbestemt tid på ulike arbeidsoperasjoner. Denne akkordtariffen er tilgjengelig for alle, og kan hentes ved å gå inn på linken under, og velge *Akkordtariff for tømrefag – tidboka*.

<http://www.fellesforbundet.no/Lonns--og-arbeidsvilkar/Akkordtariffer/Akkordtariffene/>

Dersom mengdene som skal produseres er kjent, kan akkordtariffen brukes til å estimere hvor lang tid et arbeid tar. Det kan fort bli tidkrevende å beregne alle varighetene nøyaktig, så her kan det være lurt å avklare hvilket detaljnivå en skal legge seg på.

I Tabell 2 er det gitt et enkelt eksempel på timeberegning av en yttervegg. Veggen er 50 meter lang, 3,4 meter høy og den inneholder ingen vinduer. Arbeidet er forenklet ved at det ikke er noen rør i veggen, eller andre utsparinger. Ytterkledning og stendere er satt opp, og jobben er å ferdigstille veggen.

Tabell 2: Regneeksempel med akkordtariff (22)

Hva	Enhetstid	Mengde	Nødvendig tid
Isolasjon av mineralull i vegg og himling / tak, tykkelse t.o.m. 100	0,038 tv/m ²	170 m ²	6,46 tv
Tillegg mineralull, tykkelse over 100 t.o.m. 200	0,01 tv/m ²	170 m ²	1,7 tv
Sjikt av papp / folie med etasjehøyde rullet ut horisontalt på vegg	0,018 tv/m ²	170 m ²	3,06 tv
Kledning av gips-, mineralull-, porøs trefiberplater o.l., tykkelse t.o.m. 10	0,052 tv/m ²	170 m ²	8,84 tv
Kledning av gips-, mineralull-, porøs trefiberplater o.l., tykkelse t.o.m. 10	0,052 tv/m ²	170 m ²	8,84 tv
Gulvlister, bredde over 70 t.o.m. 120 mm	0,062 tv/m	50 m	3,1 tv
Taklister, bredde t.o.m. 70 mm	0,066 tv/m	50 m	3,3 tv
SUM			35,3 tv

Det vil altså ta 35,3 timeverk å ferdigstille veggen til og med listverk.

I tidboka står det for hver post hva som inkluderes og hva som ikke inkluderes. Det finnes også generelle bestemmelser som sier noe om hva som ikke er inkludert i tariffen, for eksempel den tiden det tar å gå tur-retur brakkeriggen. For å kunne bruke disse tallene i en fremdriftsplan må de derfor justeres, eller så må det settes på et velbegrunnet påslag.

Viktige forhold

Å kjenne til varigheten til aktiviteten gjør at vi vet hvor lang tid det tar å utføre den. Det som også må tas i betraktning er logistikk og forholdene rundt. Ved for eksempel tynnavretting må gulvet ryddes og rommet tømmes. Dette tar gjerne litt ekstra tid. Et annet logistikkforhold er aktiviteter som trenger tørketid, som for eksempel sparkel, maling og betongstøp. Disse aktivitetene krever ekstra tid etter utførelse (12).

Ved beregning av varigheter er en nødt til å ta hensyn til ytre påvirkninger (12). Klima og vær er gjengangere som kan skape mye krøll for produksjonen og fremdriftsplanen. I Norge er vi stort sett foreberedt på de vanlige variasjonene i været og prøver å planlegge slik at det påvirker produksjonen minst mulig. Eksempler på dette er å unngå grunnarbeid når det er mye tele i jorden, og å ha tett bygg før høststormene setter inn. Når det er sagt kan en ikke ta alt for mye hensyn til variasjoner i været dersom man vil ha en effektiv fremdrift. Man kan for eksempel ikke planlegge at det skal snø i 14 dager (11).

Andre steder med et mildere klima kan været skape mye trøbbel. I San Diego regner det for eksempel så sjeldent at når det først kommer nedbør, så går produksjonen på byggeplassen så mye ned at de ser på regndagene som direkte tap i fremdriften (23).

4.3. Korte ned prosjektet

For et stort prosjekt koster det gjerne mellom 1,5 og 2 millioner i måneden for rigg, og det er derfor ønskelig å ha en byggetid som ikke er lenger enn nødvendig (11). Det finnes flere ulike måter å korte ned et prosjekt på, og noen av dem vil bli presentert i dette avsnittet. Merk at dette ikke nødvendigvis utgjør en komplett liste.

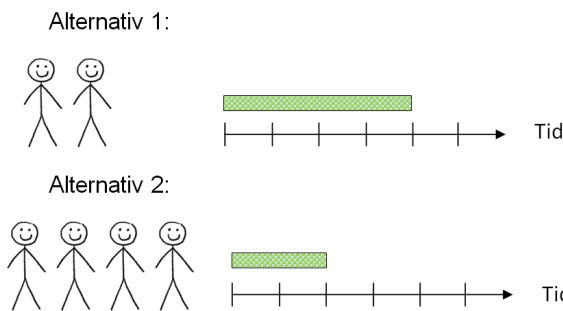
Overlappende aktiviteter

Dersom bedriften har ledige ressurser, kan de sette opp overlappende aktivitetene i fremdriftsplanen. Overlapp vil innebære at en eller flere aktiviteter kan gjennomføres parallelt eller samtidig (5). Når overlapp gjennomføres i praksis, er det viktig å tenke på at de to aktivitetene må gjennomføres på forskjellige deler av bygget, slik at for eksempel ulike fag slipper å jobbe på samme sted til samme tid.

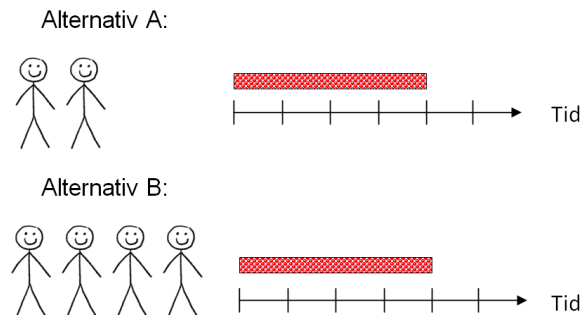
Ekstra ressurser

For å få gjennomført aktiviteten på kortere tid er det ikke uvanlig å sette inn ekstra ressurser, eller å kreve at arbeiderne skal jobbe overtid. Å planlegge overtid er ikke lovlig i Norge, og av sosiale årsaker bør det unngås dersom det er mulig (24). Dessuten er det ikke alltid like inntjenende med overtid som ønsket, fordi mannskapet ikke klarer å jobbe like produktivt hele dagen (6).

Å tilføre nye ressurser er heller ikke alltid ideelt. Det er ønskelig at produktiviteten dobler seg dersom bemanningen dobles slik som illustrert i Figur 7, og dette kan forekomme noen ganger.



Figur 7: Doblet bemanning, halvert varighet



Figur 8: Doblet bemanning, uendret varighet

Men en må tenke på at det ekstra mannskapet kanskje er nytt på prosjektet og trenger å orienteres. Deres produktivitet vil derfor være lavere enn for dem som jobbet der fra før, i alle fall er det slik i starten (7). I tillegg til dette problemet kan det være fare for at det blir trangt når flere jobber samtidig. Med andre ord: Ved å doble bemanningen, dobler en nødvendigvis ikke produktiviteten (11). Dette er vist i Figur 8.

Endre arbeidsmetode

Entreprenørfirmaet NCC har et godt eksempel på hvordan det går an å akselerere et prosjekt ved å endre arbeidsmetode. De skulle bygge et 8 etasjer høyt bygg midt i Oslo sentrum. Problemet kom når de skulle grave ut kjelleren og traff på 400 gamle trepåler. Ved å fjerne disse ble prosjektet 10 uker forsinket. Tidsforsinkelsen kunne spares inn ved å bruke ferdige klimavegger, men dette krevde kranbruk. De to kranene som var på plassen var allerede utnyttet 100 % for råbygget, og tomten var så trang at det ikke var plass til flere kraner. Løsningen ble å kjøre råbygg med to kraner opp til 5 av 8 etasjer, og så sette på en provisorisk tetting av bygget. Nå hastet det ikke like mye å bli ferdig med råbygget, så resten av etasjene ble bygget med én kran. Den frigjorte kranen ble så brukt til de prefabrikkerte veggene. Så snart nedre del av huset var tett, kunne de innvendige arbeidene på 1.- 4. etasje starte. Ved å kjøre aktivitetene parallelt på denne måten klarte NCC å ta inn igjen de 10 ukene de mistet i starten av prosjektet (11).

Logistikk

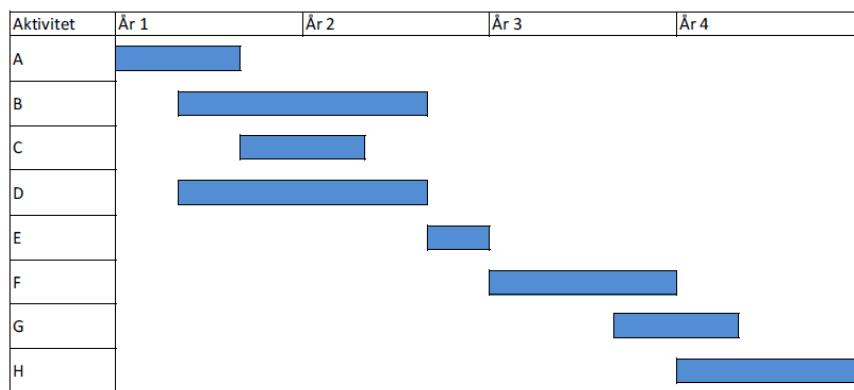
Gode fremdriftsplaner tar hensyn til logistikkproblemer. For eksempel kan store betongstøper som krever mye forskaling støpes på fredag og tørke over helgen. Da er forskalingen klar til å brukes på mandagen, og støpen er garantert herdet (15). Et annet godt logistikk eksempel er et svensk firma som spesialiserte seg på å levere bygningsmaterialer etter arbeidstid. Det var da ingen som gikk i veien for leveransene og de kunne bruke kranene så mye de ville (25). Slike løsninger er med på å korte ned varigheten til prosjektet.

5. Planleggingsmetoder

Så langt har fremdriftsplanlegging handlet om å bryte ned prosjektet på en god måte, å beregne varigheten til aktivitetene og å se på relasjonene mellom aktivitetene. Nå er det på tide å få satt alle disse opplysningene inn i en plan. Dette kan gjøres på flere forskjellige måter, og derfor vil dette avsnittet presentere et knippe av de vanligste metodene. Selv om det videre kun er snakk om aktiviteter, er det like viktig å sette inn milepæler. De settes gjerne inn aller først, og så følger aktivitetene etterpå (15). Etter å ha lest dette avsnittet skal du i teorien klare å lage en plan, men planleggingsjobben er nok ikke helt over enda.

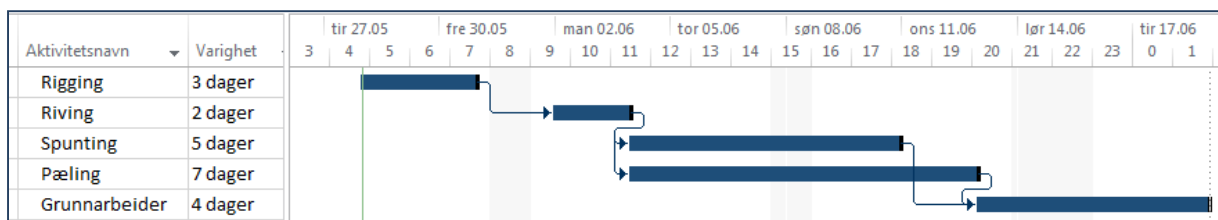
5.1. Gantt-diagram

Et Gantt-diagram linker et nettverk av aktiviteter til en tidslinje slik at aktivitetenes start, varighet og slutt blir illustrert (6). Figur 9 viser et enkelt Gantt-diagram. Hver aktivitet i Gantt-diagrammet har en egen stolpe som representerer varigheten til den spesifikke aktiviteten. I noen sammenhenger blir Gantt-diagram kalt for bar-diagram eller bar chart på engelsk. Dette er på grunn av de karakteristiske stolpene, eller barene som blir brukt.



Figur 9: Enkelt Gantt-diagram (5)

I utgangspunktet er det ikke vanlig å vise relasjoner mellom aktivitetene i et Gantt-diagram (10). Men i dag er det vanlig å kombinere Gantt-diagrammet med nettverksdiagram, slik som vist i Figur 10. Vanlige planleggingsverktøy som MS Project har denne funksjonen.



Figur 10: Enkelt Gantt-diagram med relasjoner (5)

Gantt-diagram er svært populær i byggebransjen, og dette kan komme av at det er en enkel grafisk fremstilling som er lett å lage. En annen fordel er at diagrammet er intuitivt å forstå for alle, både for de med og uten teknologisk bakgrunn (10). I tillegg gjør Gantt-diagram det mulig å se hvilke ressurser som trengs til en hver tid, men dette krever at det er lagt inn ressursverdier for hver aktivitet. Det skal også være enkelt å oppdatere et Gantt-diagram som er laget med et dataprogram (6).

Den største ulempen med Gantt-diagram er at det er vanskelig å vise avhengigheter mellom aktiviteter på en god måte. Det kan nemlig virke rotete (9).

5.2. Nettverksdiagram

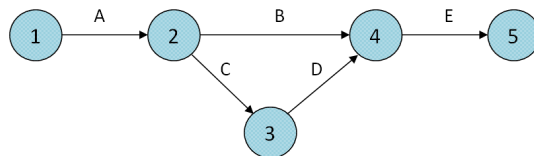
Nettverksdiagrammet sin hovedfunksjon er å få oversikt over relasjonene mellom aktivitetene (12). Dette gjøres ved å lage en grafisk representasjon av de ulike aktivitetene som et nettverk (10). For å utvikle et nettverksdiagram kreves det at alle aktivitetene er identifisert, at varigheten er kjent og at de er ordnet i en rekkefølge (12).

Det finnes grovt sett to måter å fremstille nettverksdiagram på:

AOA – Activity on Arrow

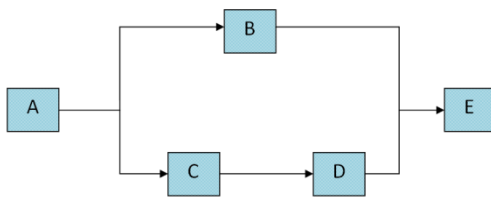
AON – Activity on Node

AOA-nettverk bruker linjer for å representere aktivitetene og knutepunkter, kalt noder, for å representere hendelser, altså starten og slutten på aktivitetene. Figur 11 viser et eksempel på et AOA-nettverk. Aktivitetene er gitt betegnelsen A-E, mens hendelsene er nummerert fra 1 til 5.



Figur 11: Eksempel på AOA-nettverk (5)

I AON-nettverk blir aktivitetene i prosjektet representert av noder og relasjonen mellom dem blir representert med piler (7). Figur 12 viser et eksempel på et AON-nettverk. For å unngå forvekslinger, er det vanlig å tegne nodene som rektangler (5).



Figur 12: Eksempel på AON-nettverk (5)

AOA-nettverket var mest populært på 1960- og 1970-tallet, men når AON-nettverket kom, gikk byggebransjen over til det (10). De mest populære dataprogrammene som brukes nå kan kun tegne AON-nettverk, og det er denne metoden som er mest brukt i lærebøker. På grunn av dette og noen andre ulemper med AOA, er det kun AON-nettverk som kommer til å bli presentert videre (7).

AON-nettverk

Nettverksdiagram illustrer ikke varigheten til aktivitetene slik som Gantt-diagrammet gjør, men AON-nettverket illustrerer som sagt relasjonene mellom de ulike aktivitetene. Varigheten blir vist med tall på hver aktivitet i diagrammet (7). Selv om nodene ikke illustrerer varighet,

er det lurt å sette opp nettverket i rekkefølge så godt det lar seg gjøre. Tiden går da fra venstre til høyre. Rektangler er med på å forsterke denne logikken ved at venstre side av rektangelet representere starten av aktivitetene, mens høyre side representere slutten (10).

Hvis nettverket starter eller slutter med flere aktiviteter samtidig, kan det være oversiktlig å legge til prosjektstart og prosjektslutt i tillegg til aktivitetsnodene. Disse *aktivitetene* har ikke varighet, og kan illustreres med en diamant (10).

Når vi videre skal jobbe med å finne start- og sluttdatoene til aktivitetene, er det viktig å merke seg at med den datoen som er nevnt i forbindelse med en aktivitet, menes det slutten av dagen. Med denne tenkemåten starter prosjekter vanligvis på dag 1, som da blir det samme som slutten av dag 0.

5.3. Critical Path Method (CPM)

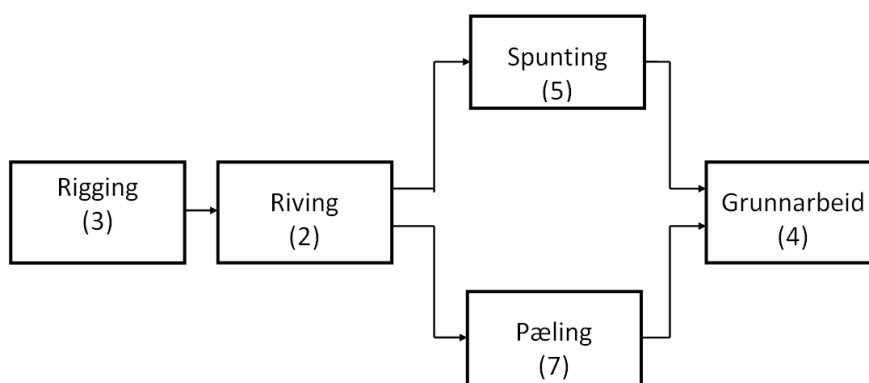
Critical Path Method er en metode som tar utgangspunkt i nettverk for å kalkulere et prosjekts samlede varighet (5).

Når vi jobber med nettverksdiagram er det stort sett fire ting vi ønsker å finne:

- Tidligste start (ES)
- Tidligste slutt (EF)
- Seneste start (LS)
- Seneste slutt (LF)

For å finne disse verdiene, må vi først gå fremover gjennom nettverket og så gå bakover (6). På veien fremover fastsettes de tidligste tidene aktiviteter kan begynne (ES) og slutte (EF). Disse datoene vises øverst i aktivitetsnoden henholdsvis på venstre og høyre side. Hvert steg bygger på den informasjonen som kom frem fra den foregående aktiviteten. På veien bakover fastsettes de seneste tidene aktivitetene kan slutte (LF) og begynne (LS).

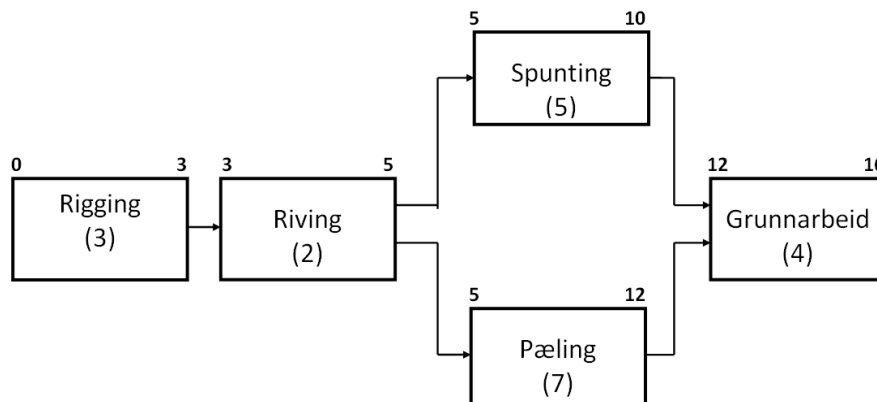
Et eksempel kan være med på å forklare dette. I Figur 13 er det satt opp et enkelt nettversdiagram som viser starten av et byggeprosjekt fra rigg til og med grunnarbeider. Varighetene til aktiviteten vises som parentes i hver node. Samme plan er også tegnet som Gantt-diagram i avsnitt 5.1.



Figur 13: Nettverksdiagram

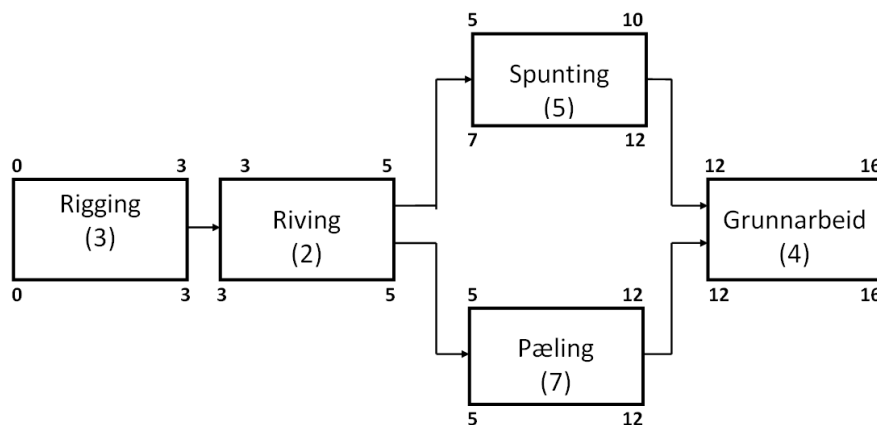
DEL II

Den første aktiviteten, *rigging*, starter hele prosjektet og har tidlig start i uke 0. *Rigging* varer i 3 uker, så 3 blir tidlig slutt. Tidlig start og tidlig slutt for alle aktivitetene er vist i Figur 14 over nodene.



Figur 14: Tidlig start og tidlig slutt

Vi ser at neste aktivitet, *riving*, kan starte når *rigging* er ferdig, dvs. etter 3 uker. Dette blir da den tidlige starten for rivingen. Ved å plusse på varigheten, finner vi at den tidlige slutten er i uke 5. Den samme logikken brukes for aktivitetene *spunting* og *pæling*. De starter etter at *rivingen* er ferdig i uke 5, og den tidlige slutten finnes ved å plusse på varigheten. Det blir uke 10 for *spunt* og uke 12 for *pæling*. Aktiviteten *grunnarbeider* har to forgjengere, og i slike tilfeller blir den største av forgjengernes tidlige slutt benyttet, her 12 i fra *pæling*. Ved å plusse på varigheten til *grunnarbeider* har vi nå funnet at den totale varigheten er på 16 uker.



Figur 15: ES, EF, LS og LF

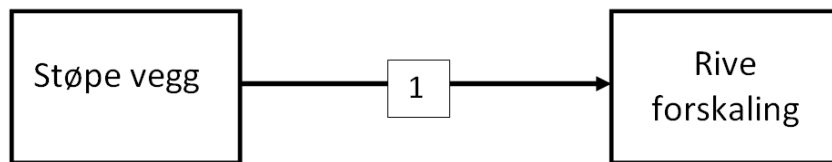
Tidspunkt i sene posisjoner (LS og LF) finner vi ved å gå bakover i nettverket fra slutt til start og gjennomfører et lignende resonnement som da de tidlige tidspunktene skulle bestemmes. Det ferdige nettverket med både sene og tidlige tidspunkt er vist i Figur 15. Senest ferdigdato for hele prosjektet blir satt lik tidligst ferdigdato. Når to aktiviteter forenes i en aktivitet, er det den tidligste datoen som videreføres. Fra aktivitetene *spunting* og *pæling* er det verdien 5 som brukes og blir *riving* sin sene slutt. Vi ser at tidlig start og sen start på prosjektet er samme dato, nemlig uke 0. Et mer utfyllende eksempel med AON-nettverk er gitt i et eget avsnitt, 12.1.

Flyt og kritisk vei

Vi har også lyst til å finne flyten og den kritiske veien, for da får vi en bedre oversikt over hvilke aktiviteter vi må prioritere (15). Flyt er den tiden en aktivitet kan forskyves uten å påvirke sluttdatoen for prosjektet (5). For noen aktiviteter er den *sene starten* senere enn den *tidligere starten*. Dette betyr at aktiviteten kan begynne senere enn det som er planlagt. Differansen mellom LF og EF utgjør altså flyten, og den illustreres ofte med verdien av flyten på høyre sidekant av aktivitetsnoden (10). I eksempelet over har *spunt* en flyt på to uker. Aktiviteter som ikke har flyt definerer vi som kritiske aktiviteter. En sammenhengende kjede av kritiske aktiviteter utgjør den kritiske veien for nettverket (5). For eksempelet over blir dette *rigging, riving, pæling* og *grunnarbeider*.

Tidsforsinkelse

Noen ganger trenger man litt ekstra tid mellom aktiviteter som er i relasjon med hverandre. Dette kan for eksempel være at en betongvegg må herde i minst 1 dag før forskalingen kan rives. Denne tidsforsinkelsen kalles *lag* på engelsk, og den kan illustreres ved at tidsforsinkelsen blir satt på relasjonene mellom *støpe vegg* og *rive forskaling* som vist i Figur 16.



Figur 16: Tidsforsinkelse

Denne tidsforsinkelsen betyr at det minst må være en venteperiode på 1 dag mellom aktivitetene. Det er mulig å vente lenger enn den fastsatte tidsforsinkelsen uten at det bryter med logikken i diagrammet (10).

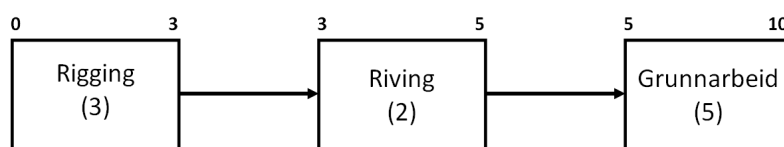
Relasjoner

I det forrige eksempelet så vi at en foregående aktivitet må være ferdig før den etterfølgende kan starte. Dette kalles for *finish-to-start*-relasjon, og er den enkleste og mest brukte relasjonen. I tillegg til den relasjonen finnes det tre andre avhengighetstyper, og i et nettverk finner vi gjerne en blanding av disse (7).

Det er lov å bruke tidsforsinkelse for alle de fire relasjonene. Det er mest vanlig å bruke tidsforsinkelse når en har *Start-to-start* og *Finish-to-finish* relasjoner (10).

Finish-to-start

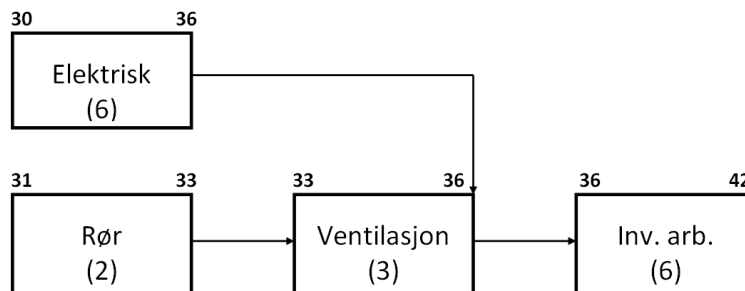
Dette er den vanligste og enkleste relasjonen, og den går ut på at den påfølgende aktiviteten ikke kan starte før etter at den forrige er avsluttet (7). I eksempelet under må *riggingen* være ferdig før *rivingen* kan begynne, og *rivingen* må være ferdig før *grunnarbeidet* kan starte.



Figur 17: Start-to.start

Finish-to-finish

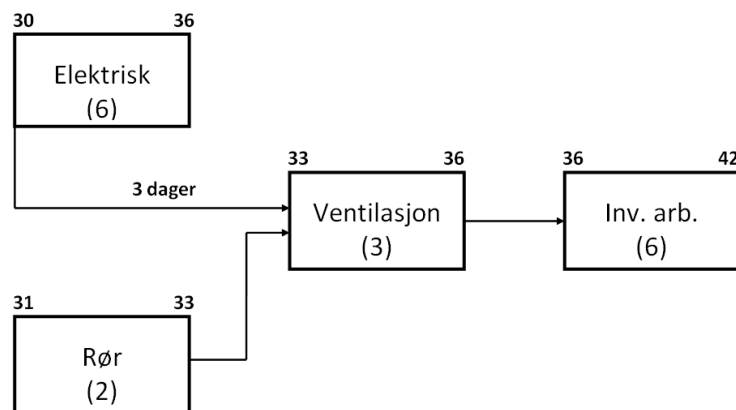
Denne relasjonen brukes når to aktiviteter skal slutte på samme tidspunkt (6). Det kan for eksempel være ønskelig at el, rør og VVS er ferdigstilt før en starter de innvendige arbeidene.



Figur 18: Finish-to-finish

Start-to-start

Denne relasjonen brukes når to aktiviteter skal starte på samme tidspunkt (6). Det er her mulig å legge inn en tidsforsinkelse, slik at den ene aktivitet starter etter at den andre er påbegynt. I Figur 19 har *elektrisk* og *ventilasjon* en *Start-to-start-relasjon* med en tidsforsinkelse for *elektrisk* på 3 dager.



Figur 19: Start-to-start

Start-to-finish

Denne relasjonen brukes når en aktivitet må slutte når den foregående aktiviteten starter (7). Et eksempel på dette er at planleggingen av en aktivitet må slutte så fort aktiviteten starter. Start-to-finish er kanskje den relasjonen som blir minst brukt i reelle fremdriftsplaner på bygge- eller anleggsprosjekter (7).

I avsnitt 12.2 er det gitt et eksempel på et nettverksdiagram der ulike typer relasjoner er brukt.

Manglende relasjoner

Mange planleggere velger å ikke fastsette relasjoner mellom aktivitetene når de lager en plan, og det er flere grunner til dette. For det første kan et Gantt-diagram med mange relasjoner bli rotete og uoversiktlig. Et annet argument er at når en gjør endringer på en aktivitet i planen, vil dette forskyve alle aktivitetene som er knyttet til den aktiviteten. Dersom dette skjer, risikerer planleggeren å miste oversikten over sin egen plan (11). Spesielt ille blir det dersom avhengighetene går på tvers av de ulike fasene, og de ikke kan sees på samme skjermbilde. Det er også slik at noen av relasjonene som blir satt opp, egentlig ikke gjør aktivitetene så

avhengige av hverandre som det ser ut som. En tror kanskje at to aktiviteter må følge etter hverandre, men så er det mulig at de går parallelt, for eksempel ved at de begynner i hver sin ende av bygget (13).

Restriksjoner

I tillegg til relasjoner med eller uten tidsforsinkelser, hender det at aktivitetene har en eller flere restriksjoner som må være oppfylt. Dette innebærer at en aktivitet *må* starte eller slutte på en bestemt dag (8). En oversikt over tre vanlige restriksjoner er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Restriksjoner

Notering	Navn	Forklaring
$SES_{Aktivitet} = X$	Scheduled Early Start	Kan ikke starte tidligere enn X
$SLF_{Aktivitet} = X$	Scheduled Late Finish	Kan ikke avslutte senere enn X
$SMS_{Aktivitet} = X$	Schedule Must Start	Må starte på X

SES brukes om en aktivitet dersom det er kjent at ressurser, materialer eller bemanning ikke er ledig før en viss dato. Aktiviteten kan ikke starte før dette er på plass. SLF viser den siste dagen som aktiviteten kan fullføres på. SMS er en obligatorisk restriksjon, og må tas hensyn til i beregningene både forover og bakover i et nettverk. SMS fjerner ofte flyten i diagrammet, i tillegg er det den eneste måten en kan skape negativ flyt på (8).

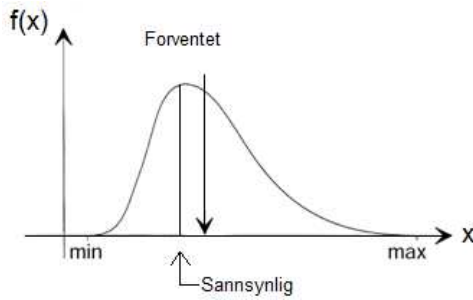
Disse restriksjonene kan føre til endring av den kritiske veien og til endring av flyt. De gjør rett og slett planen mindre fleksibel, men de er også med på å gjøre planen mer forutsigbar for underentreprenører og leverandører (8). Det er for eksempel mye enklere for et blikkenslagerfirma å vite at de skal utføre arbeidet sitt fra 4. september, enn at de skal komme en gang i løpet av tidlighøsten så snart tømmerne har satt inn vinduene.

5.4. PERT

Til nå har vi antatt at varighetene til aktivitetene er deterministiske størrelser (6), mens de i virkeligheten er usikre størrelser (5). PERT, *Program evaluation and review technique*, er en metode som bestemmer prosjektvarigheten ved å ta utgangspunkt i at aktivitetenes varighet følger en statistisk fordeling med kjent forventningsverdi og varians (5). Metoden inkluderer altså usikkerhet i tidsanslagene (26). For å estimere dette, trenger en å finne tre ulike verdier for hver varighet:

- a – Den korteste og mest optimistiske varigheten
- m – Den mest sannsynlige og realistiske varigheten
- b – Den lengste og mest pessimistiske varigheten

I praksis er det uvanlig å finne eksempler der optimistiske og pessimistiske varigheter er symmetriske om gjennomsnittet. I PERT-teknikken brukes det derfor asymmetriske sannsynlighetsfordelinger kalt β -fordeling (6, 26). Denne er vist i Figur 20. En asymmetrisk fordeling gjør det litt mer utfordrende å finne de tre verdiene, men ved hjelp av erfaringstall fra andre prosjekter og dataprogrammer, skal det være mulig å finne de tre estimatene (8).



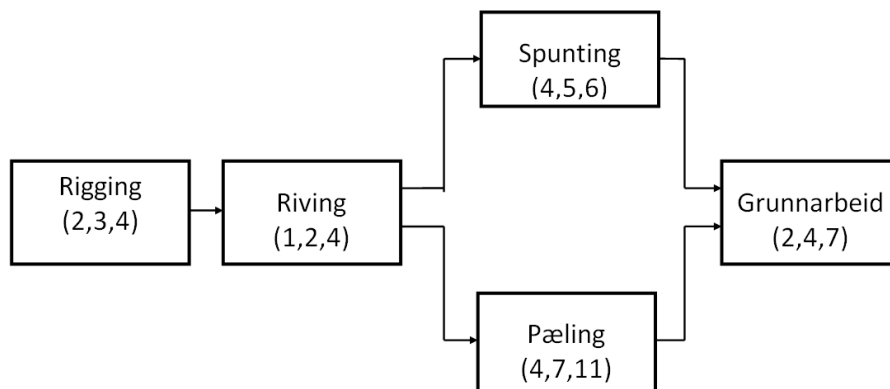
Figur 20: Betafordeling

Forventningsverdien $E(t)$ og varians $Var(t)$ for en varighet t , finner vi ved disse formlene:

$$E(t) = \frac{1}{6}(a + 4m + b)$$

$$Var(t) = \frac{1}{36}(b - a)^2$$

Vi har i Figur 21 tegnet opp nettverket fra eksempelet i avsnitt 5.3 på nytt, men denne gangen har vi gitt tre anslag for varighet: a, m, b angitt i uker. I Tabell 4 er forventningsverdien og variansen regnet ut for alle aktivitetene.

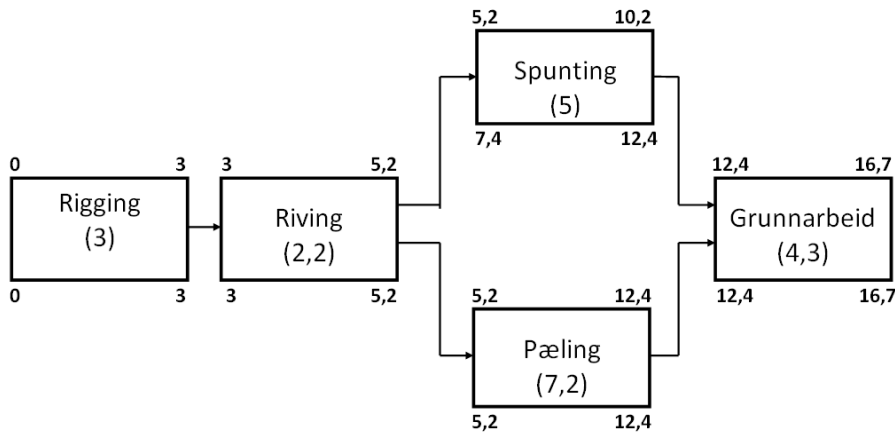


Figur 21: PERT-nettverk

Tabell 4: Varigheter, forventningsverdi og varians

Aktivitet	a	m	b	$E(t)$	$Var(t)$
Rigging	2	3	4	3	0,11
Riving	1	2	4	2,2	0,25
Spunting	4	5	6	5	0,11
Pæling	4	7	11	7,2	1,36
Grunnarbeider	2	4	8	4,3	1

Ved å bruke forventningsverdiene som deterministiske verdier, er det mulig å regne ut nettverket. I avsnitt 5.3 var varigheten 16 uker, og vi ser nå av Figur 22 at forventet varighet har økt til 16,7 uker. Aktiviteten *Spunting* ligger ikke på kritisk vei, og har en flyt på 2,2 uker.



Figur 22: PERT-nettverk etter utregning

Prosjektets varighet T finner vi ved å summere forventningsverdien til alle aktivitetene på den kritiske veien, og variansen finner vi ved å summere opp variansen for alle aktivitetene på den kritiske veien (5, 26).

Dersom antall aktiviteter på den kritiske veien ikke blir for få, vil T sin fordeling tendere mot normalfordeling uavhengig av hvilke fordelinger de enkelte varighetene følger. Dette betyr at vi kan bruke normalfordelingsfunksjonen til å finne sannsynligheten for at et prosjekt er ferdig til et gitt tidspunkt, eller til å bestemme en ferdigdato med et gitt konfidensnivå (5).

Sannsynligheten for å bli ferdig innen en viss tid D , er gitt i uttrykket (23):

$$\Pr(T \leq D) = \Phi \left[\frac{D - E(T)}{\sqrt{\text{Var}(T)}} \right]$$

Utrykket kan også settes opp for å finne sluttdatoen på et prosjekt der det er en gitt sannsynlighet for å klare å oppnå dette. Da snus ligningen, og det er D som blir ukjent og ikke sannsynligheten. For å kunne bruke dette i utregninger må en ha tilgang på en normalfordelingstabell, dette er gitt i avsnitt 13.

Vi regner nå videre med eksempelet vårt. Si at vi ønsker å vite om det er mulig å ferdigstille miniprojektet innen 16 uker slik som først antatt. Da setter vi inn 16 som D , 2,72 som varians og 16,7 som T . 2,72 er den totale variansen for den kritiske veien.

$$\Pr(T \leq 16) = \Phi \left[\frac{16 - 16,7}{\sqrt{2,72}} \right] = \Phi[-0,42] = (1 - 0,6628) = 0,3372$$

Fra normalfordelingstabellen finner vi at sannsynligheten for å bli ferdig etter 16 uker er lik 33,7 %. Med så pass lav sannsynlighet er det kanskje litt risikabelt å basere seg på denne varigheten. Ved å øke D med en uke, og regne sannsynligheten for fullføring innen 17 uker, ble svaret 57,1 %. Dette er også litt vel lavt. Da er det kanskje enklere å gå andre veien og finne ut hvor lang varigheten må være for at vi kan være 90 % sikre på at grunnarbeidet er ferdig til den dato. Oppsatt regnestykke ser slik ut:

DEL II

$$P(T \leq D) = \Phi\left[\frac{D-16,7}{\sqrt{2,72}}\right] = 0,90$$

$$\frac{D-16,7}{\sqrt{2,72}} = 1,28$$

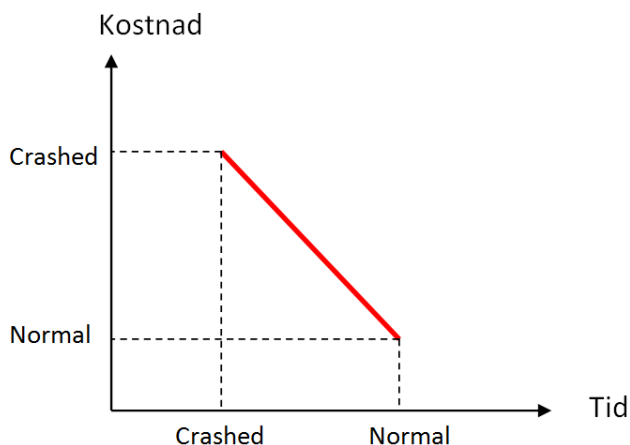
$$D = 18,8$$

Det er 90 % sannsynlig for å bli ferdig i løpet av 18,8 uker.

Legg merke til at det kun er usikkerheten langs den kritiske veien som blir summert, og at PERT-teknikken ikke tar hensyn til de parallelle veiene. Konsekvensen av dette er at usikkerheten i planen er undervurdert ved at de usikre nær-kritiske veiene er neglisjerte (26).

5.5. Crashing

Crashing er å akselerere et prosjekt slik at det kan fullføres på et tidligere tidspunkt enn opprinnelig planlagt. Tid henger her sammen med ressurser, og jo mer ressurser man er villig til å putte inn, jo mer kan aktivitetene forkortes (6). Figur 23 viser forholdet mellom varighet og kostnad ved crashing. Bakgrunnen for at crashing gjennomføres er rett og slett for å spare tid, og dette kan komme av at prosjektet ligger bak skjema, at den originale planen er laget for optimistisk, en vil unngå dagmulkt etc. (6, 7).



Figur 23: Crashing av en aktivitet

Ressursbruken kan økes på to måter:

- I) Bruke allerede tilgjengelige ressurser lenger, altså overtid.
- II) Øke bemanningen innen den ordinær arbeidstiden

For å kunne crashe et prosjekt er man nødt til å vite hva aktivitetenes originale varighet er, hvor mye hver aktivitet kan redusere sin varighet med, hva det normalt koster å gjennomføre aktiviteten og hvor mye det koster å crashe aktiviteten per dag. Det enkleste er å crashe en dag om gangen, og her kommer en sjekkliste som viser hvordan det kan gjøres:

- 1) Først må man kalkulere nettverket og identifisere den kritiske veien samt aktivitetene med flyt.

- 2) Skaff en oversikt over kostnadene for crashing for hver aktivitet. Noen er kanskje tidsbesparende og billige å crashe i starten, men blir dyrere etter hvert.
- 3) Finn den beste aktiviteten, og reduser varigheten. Det kan være lurt å sjekke nettverket om den ønskede effekten ble oppnådd.
- 4) Sjekk nettverket om hva som nå er den kritiske veien.
- 5) Fortsett å crashe aktiviteter helt til du har nådd den ønskede varigheten. Dette gjøres ved å starte igjen på punkt 2. Dersom det er mer enn én kritisk vei, må aktivitetene på alle de kritiske veiene bli crashet for å få en effekt.

Det blir dyrere og dyrere å redusere varigheten, og på et tidspunkt vil det ikke lenger være lønnsomt å crashe aktiviteter. Det er derfor viktig å stoppe opp før en når dette punktet.

5.6. Skråstreksplanlegging

Skråstreksdiagram er en fremstillingsform som er ekstra godt egnet for prosjekter som har repeterende aktiviteter. De typiske prosjektene som har brukt dette er anleggsprosjekter med lang utstrekning, som for eksempel bygging av veier, tunneler eller vannledninger (27). Det var slik det var vanligst å bruke metoden når den var den dominerende planleggingsmetoden på 60-tallet. I dag har skråstreksplanlegging blitt aktualisert av taktplanlegging og BIM til å brukes ved bygging av bygg (28). Både høydehus og rekkehuskompleks er eksempler på byggeprosjekter som har repeterende enheter (27).

Det trengs tre steg for å lage et skråstreksdiagram:

- 1) Identifisere aktiviteter
- 2) Estimere produksjonsraten
- 3) Sette aktivitetene i rekkefølge

Her kommer et eksempel der 2500 meter vannledning skal legges og planen skal lages som skråstreksdiagram. Prosjektet består av 5 aktiviteter: *Inspeksjon og utstikking*, *Graving og opprensning*, *Graving av grøft*, *Utlegging av rør* og *Tilbakefylling*. Hver aktivitet har en produksjonsrate vist i Tabell 5.

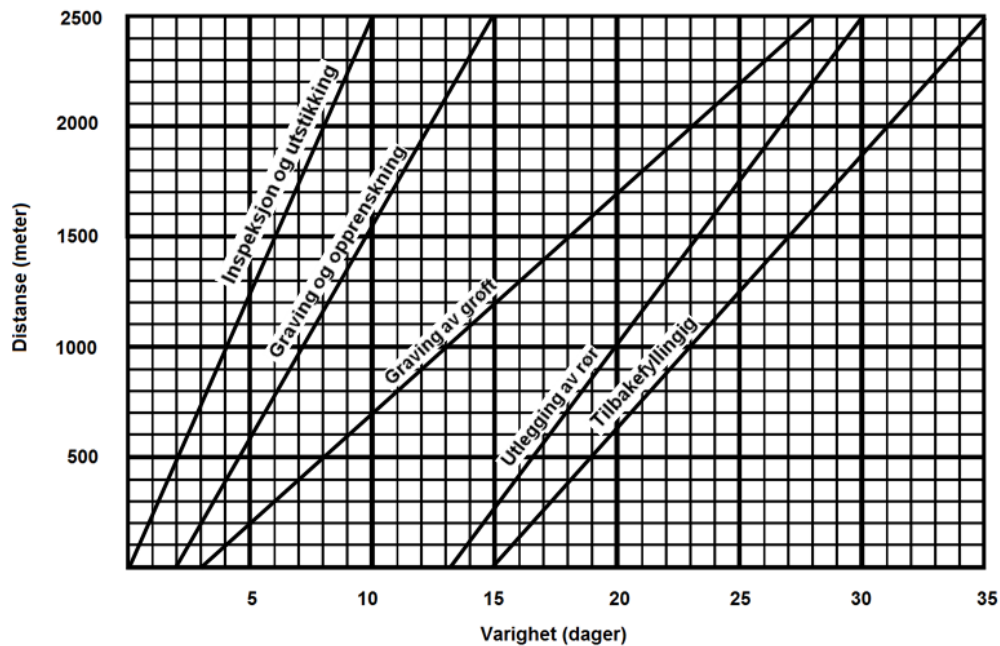
Tabell 5: Produksjonsrate og varighet

Aktivitet	Produksjonsrate (meter per dag)	Varighet for 2500 meter
Inspeksjon og utstikking	250	10
Graving og opprensning	200	13
Graving av grøft	100	25
Utlegging av rør	150	17
Tilbakefylling	125	20

Ved skråstreksplanlegging vises alle aktivitetene i et diagram som har tidsakse og stedsakse. (29). For dette eksempelet plottes tiden på x-aksen og stedet på y-aksen, men i andre tilfeller kan aksene være byttet om.

Figur 24 viser blant annet den første aktiviteten, *Inspeksjon og utstikking*, plottet med en produksjonsrate på 250 meter per dag og en varighet på 10 dager. Hvis denne aktiviteten

hadde hatt en høyere produksjonsrate, ville skråningsvinkelen ha vært brattere og omvendt. Det er også mulig at en aktivitet har varierende produksjonsrate, men i dette eksemplet er ratene konstant for alle aktivitetene (27).



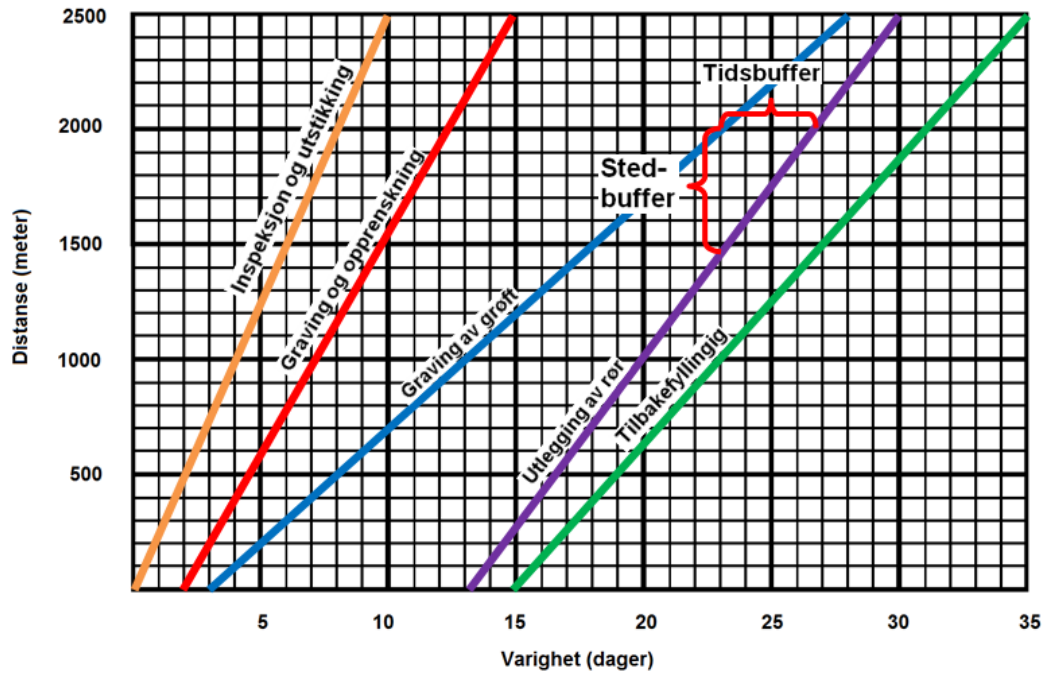
Figur 24: Skråstreksdiagram (20)

Som vi ser har *Graving og opprensning* lavere produktivitet enn *Inspeksjon og utstikking*, og en mindre bratt skråstrekk. Aktiviteten skal starte to dager etter at forgjengeren begynte. *Graving av grøft* har en lav produksjonsrate og tar derfor lang tid. Neste aktivitet er *Utlegging av rør*, som har en varighet på 17 dager. Utleggingen går mye raskere enn å grave grøft, så derfor må aktiviteten legges slik at den ikke tar igjen grøftegravingen. Dette kan gjøres ved å sette sluttdatoen to dager etter sluttdatoen for grøftegravingen, og regne seg bakover.

En stor fordel med skråstreksplanlegging er at fremstillingen visualiserer tid- og stedkonfliktene mellom aktivitetene på en enkel måte. Når to streker krysser hverandre i planen, foregår arbeidet på samme sted til samme tid, noe som gir en potensiell konflikt.

Siste aktivitet, *Tilbakefylling*, har lavere produksjonsrate enn utleggingen av rørene, og den kan derfor starte rett etter at rørleggingen er i gang. For sikkerhetsskyld legges det inn en buffer på to dager.

Det er lett å identifisere eventuelle kollisjoner i skråstreksdiagram, like enkelt er det å identifisere tid- og stedbuffer. En tidsbuffer er avstanden mellom to aktiviteter på tidsaksen, og en stedbuffer er avstanden mellom to aktiviteter på stedaksen, se Figur 25.



Figur 25: Tidbuffer og stedbuffer

Som nevnt er skråstrekkdiagram veldig greie å hente informasjon ut fra, og de lar seg lese og forstå av alle som jobber på byggeplassen. I forhold til vanlige Gantt-diagram vises for eksempel *Start-til-start* og *Finish-to-finish* relasjonene på en bedre måte. Hva som er den kritiske veien, er derimot vanskeligere å identifisere ved bruk av skråstreker, og man må tenke seg at alle aktivitetene er kritiske. Det er ingenting i veien for å kombinere skråstrekkdiagram med Gantt-diagram eller andre metoder som får frem poenget. Bruk av farger og fargekoder kan også være med på å tydeliggjøre den visuelle fremstillingen, slik som i Figur 25.

6. Digitale verktøy

For å kunne visualisere en fremdriftsplan av en viss størrelse på en god måte, er det nødvendig å bruke et dataprogram som kan formidle informasjonen. Det er utviklet flere ulike programmer for byggebransjen. Noen er mer avanserte og dermed dyrere enn andre (8). Det er viktig å huske på at et dataprogram ikke gir noe mer enn den innputen som programmet får, så hvis det er planlagt med mangelfull eller feil informasjon, blir planens kvalitet deretter (13).

Microsoft Project

MS Project er mest sannsynlig det programmet som oftest blir brukt i byggebransjen i dag (7). Dette kan skyldes at det er lett å bruke. At det er et populært program har nok også ført til at flere og flere benytter akkurat MS Project (7). MS Project godtar maks 10 000 aktiviteter, et antall som få byggeprosjekter klarer å overskride. Visualiseringen av planen er som Gantt-diagram, og det er mulig å legge på relasjoner mellom aktivitetene. Planen kan også vises som nettverksdiagram om ønskelig. Programmet kan finne årsaken til forsinkelser, og hvis en forsinkelse oppstår markerer den alle de aktivitetene som blir påvirket (7). MS Project har funksjoner som gjør det mulig å følge opp fremdriften, og programmet kan lage rapporter og fremstillinger i ulike varianter (7, 8).



Figur 26: Logo MS Project



Figur 27: Logo Excel

Excel

Selv om MS Project sin fremstilling med Gantt-diagram blir betraktet som en lett og forståelig visualisering av en fremdriftsplan, velger flere entreprenører å benytte seg av Excel. Excel blir gjerne mest brukt på de detaljerte planene som ukeplaner eller treukersplaner der fagarbeidere og bas går inn og gjør endringer på planen (30). Her er det også mulig å legge inn ekstra opplysninger om for eksempel utstyr og materialer som trengs (15).



Figur 28: Logo Primavera



Figur 29: Logo ByggOffice

Primavera Project Planner ®

Primavera er et program som er bygget for å håndtere store komplekse prosjekter. Programmet har flere integrerte verktøy enn MS Project, og kan ha opptil 100 000 aktiviteter på ett prosjekt. Primavera kan linke prosjekter sammen og se på ressursbruk både for ett

prosjekt og for flere på en gang (7). Det har også verktøy som gjør det mulig å følge opp fremdriften (8). I Norge blir Primavera kanskje brukt oftere på anleggsprosjekter (3, 15) fordi det her er færre personer som er inne og gjør endringer i planen.

ISY Prosjekt plan

ISY Prosjekt plan er et planleggingsverktøy utviklet av rådgiverfirma Norconsult. Programmet brukes i dag ofte på byggherresiden, og rådgivende selskap som Multiconsult og Cowi har tatt dette i bruk (18). ISY Prosjekt plan er utviklet med spesielt fokus på oppfølging av både fremdrift og budsjett, og programmet fungerer også godt til ressursallokering (18, 31).

ByggOffice

ByggOffice er egentlig et kalkulasjonsverktøy, men ved kalkyleregning bestemmes også ofte varigheten til de ulike aktivitetene. Det er mulig å generere en fremdriftsplan i MS Project fra ByggOffice (18).

7. Ressursplanlegging

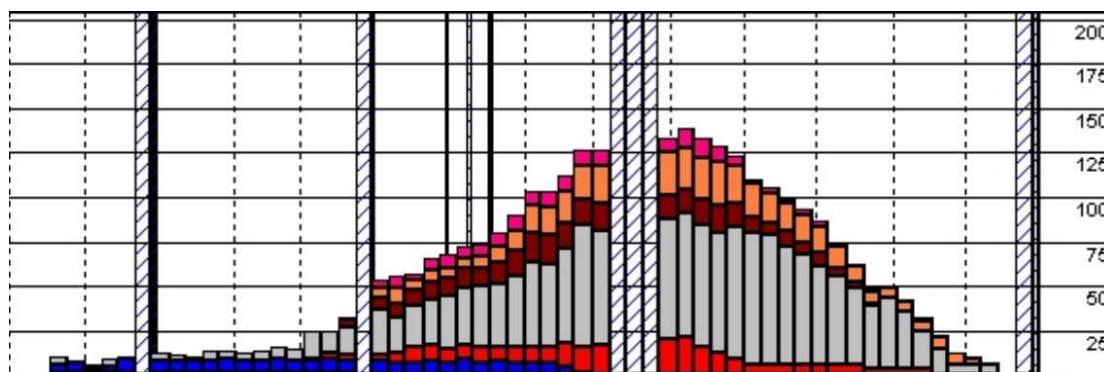
En planlegger vil som regel ta hensyn til begrensede ressurser i underbevisstheten når han eller hun setter opp aktiviteter i en fremdriftsplan. Det er likevel nødvendig å gå tilbake i planen og se hvordan ressursene som følger aktivitetene er fordelt. Hvis det finnes en begrensning i tilgjengelige ressurser, må det planlegges ut fra dette. Tilgangen til de ønskede ressursene påvirker alltid varigheten til aktiviteten (6).

7.1. Generelt

Når det er snakk om ressurser, tenker en ofte kun på bemanningen, men i tillegg til bemanning finnes det andre begrensede ressurser. Dette kan være utstyr som for eksempel kjøretøy, verktøy eller kraner (7). Kran kan ofte være den begrensede ressursen som man er nødt til å passe litt ekstra på. Antall kraner blir bestemt før prosjektet starter opp, hvis det blir gjort endringer i utførelsen som krever mer kranbruk, er det ikke sikkert at kranen har tilstrekkelig kapasitet (11). Materialer er også en ressurs, og dette kan være alt fra betong og forskaling til gipsplater. Under oljekrisen på midten av 70-tallet var drivstoff en begrenset ressurs, og maskinene til entreprenører kunne ikke operere i full tid (7).

En effektiv måte å korte ned varigheten til et prosjekt på, er å kjøre parallelle aktiviteter. Dette forutsetter at det finnes nok mannskap til at aktiviteter kan gjennomføres samtidig. Nå er vi i kjernen av ressursplanlegging, nemlig en avveining mellom aktivitetenes og prosjektets varighet mot tilgjengelig mannskap (6, 20). Før en kan starte med den virkelige ressursplanleggingen, er første steg å knytte riktig type og riktig mengde ressurs til de ulike aktivitetene, enten med dataverktøy eller manuelt (6).

I de ulike planleggingsprogrammene kan det fremskaffes en grafisk fremstilling av ressursfordelingen gjennom prosjektet, se Figur 30. En farge representerer ett fag.



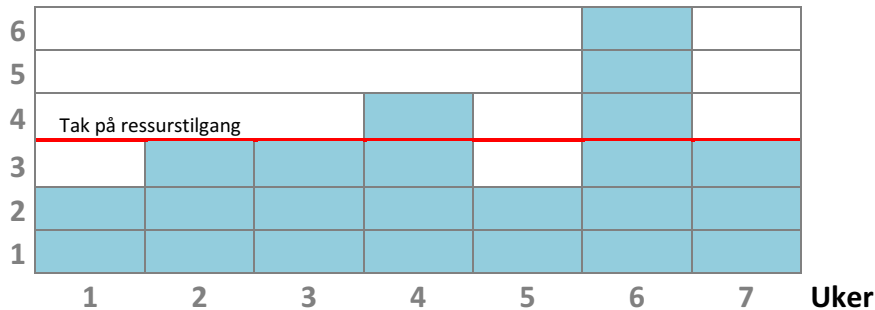
Figur 30: Ressursprofil (16)

Når dette blir lagt frem på denne måten, blir prosjektledelsen fort klar over eventuell skeivfordeling av personell som må utjevnes (6). Det viktigste er jevn bemanning innenfor hvert fagfelt. Den totale bemanningen er ikke like viktig.

Ressursallokering

Ressursallokering er fordeling av ressurser som har et tak på ressurstilgangen (7). Dette gjøres gjerne de gangene et prosjekt ikke har tilgang på nok ressurser, for eksempel på grunn av

entreprenørens prioritering av andre prosjekter (15). Prinsippet bak ressursallokering vil bli beskrevet med et eksempel. Figur 31 illustrerer en ressursprofil til et fiktivt prosjekt, med et ressurstak på tre mann. For å få bemanningen ned på det gitte nivået, må en redusere bemanningen i uke 4 og i uke 6.

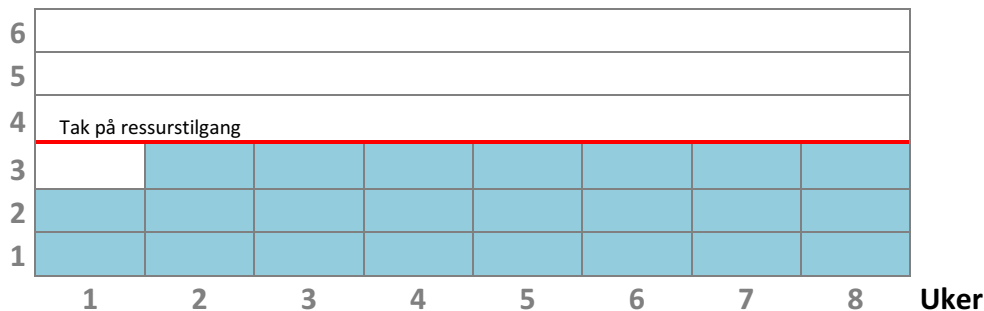


Figur 31: Ujevn fordeling av ressurser (9)

Dette kan løses på tre måter (9):

- Flytte aktiviteter som har flyt.
- Forlenge aktiviteter og gjennomføre de med færre ressurser.
- Endre relasjonene slik at aktivitetene foregår serielt og ikke parallelt.

Ved å gjøre noen endringer kan det nye oppsettet se slik ut:



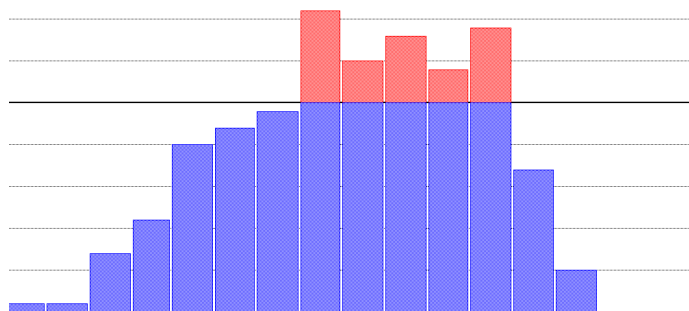
Figur 32: Jevn fordeling av ressurser

Dessverre har nå varigheten økt med én uke, da halvparten av aktivitetene i uke 6 måtte forskyves til uke 7, noe som førte til at aktivitetene i uke 7 måtte utsettes til uke 8. Justeringer på ressursprofilen kan altså føre til at aktivitetene i Gantt-diagrammet må forskyves (6).

Ressursutjevning

En ressursutjevning gjennomføres for å fordele ressurser så jevnt som mulig over hele prosjektperioden. Dette skal skje uten å forskyve sluttdatoen (7, 23). Det er nemlig ikke alltid at ressursene er begrenset, men det er dyrt å sette på ekstra bemanning til ulike tidspunkt i et prosjekt (7). På samme måte som for ressursallokeringen er det aktivitetenes flyt som utnyttes for å få en så jevn ressursfordeling som mulig. Dette skjer ved at de aktivitetene som ikke ligger på kritisk vei blir flyttet for å gi jevnere ressurser (11). Aktivitetene kan også forlenges, så lenge det ikke påvirker sluttdatoen på prosjektet. Se Figur 33 for et eksempel på hvordan en bemanningskurve for tømrere kan se ut.

Mer konkrete metoder for ressursallokering og -utjevning finnes i de lærebøkene som ble omtalt i avsnitt 1.3.



Figur 33: Bemanningskurve (30)

Ute på byggeprosjektene er det ønskelig å beholde en viss bemanning konstant gjennom hele prosjektet, eller i de ulike fasene (4, 7). Dette er gjerne fordi det ikke er så enkelt å flytte på arbeidere når en jobber med store prosjekter (13, 15). Ideelt sett skulle bemanningen helst ha kunnet variert fra dag til dag (12).

Ressurser i det store bildet

En hver avgjørelse med tanke på bemanning på *ett* prosjekt, vil mest sannsynlig ha påvirkning på andre prosjekter (6). Derfor kan det bli vanskelig for entreprenørene når det er mange forskjellige prosjekter som foregår samtidig. Det er ikke ønskelig å permittere eller leie inn folk i tide og utide. I perioder der ett av en entreprenørs prosjekter er i avslutningsfasen og det jobbes intenst mot å nå sluttdatoen, kan for eksempel ressurser bli tatt fra de andre prosjektene og inn i dette (15, 32). Dette kan da skape problemer for fremdriften til de andre prosjektene.

Mindre underentreprenører vil noen ganger slite ekstra med ressursplanleggingen. For å være sikre på at de har nok arbeid, tar de gjerne på seg for mange oppdrag, og får problemer med å møte den planlagte bemanningen på de ulike prosjektene (12). På enkeltprosjekt prøver gjerne planleggeren å bistå underentreprenørene ved å utjevne deres aktiviteter slik at også de får en jevn bemanningsflyt. Tradisjonelt sett er det vanlig at total- eller hovedentreprenører prioriterer egne fag når de setter opp fremdriftsplanen. Dette kan medføre at arbeiderne som er ansatt i det store entreprenørfirmaet kanskje blir litt ovenpå med tiden, og forventer at alle skal innrette seg etter dem (13, 30). Denne trenden bør motarbeides, for hvis alle tilpasser seg hverandre på plassen, kan samarbeidet føre til at den totale produksjon for prosjektet øker.

7.2. Buffer

Ordet buffer kan litt forenklet forklares med at det er en mekanisme som håndterer variabilitet (33). Det finnes flere forskjellige buffere og forskjellige måter å bruke dem på, og de vanligste typene er:

- Tidsbuffere
- Kapasitetbuffere
- Inventarbuffere
- Finansielle buffere

Hvis noen nevner ordet buffer, er det **tidsbufferen** de fleste vil tenke på først. Denne bufferen innebærer å legge inn ekstra tid mellom aktivitetene som en sikkerhet, i tilfelle noe tar lengre tid enn planlagt (33). Dette kan være alt fra å legge inn en uke uten noen planlagte aktiviteter, eller å sette av et par timer for snømåking i løpet av vinteren.

Kapasitetsbufferen fungerer slik at man tillegger en arbeidsgruppe mindre arbeid enn de teoretisk kan ta unna (33). Det vil si at en for eksempel har flere ressurser på en aktivitet enn det som er beregnet. **Kapasitetsbufferen** tar hensyn til uforutsett fravær som det er vanskelig å planlegge med (13, 33). En annen måte å legge inn kapasitetsbufferer på, er å ha noen aktiviteter gående som ikke nødvendigvis er avhengig av den ordinære produksjonen. Hvis det er satt bemanning på disse bufferaktiviteter, kan denne bemanningen flyttes til en aktivitet som har behov for ekstra folk. Bufferaktivitetene kan også være ubemannet og tas i bruk dersom det skulle vise seg at hele arbeidslaget stilte på jobb hver dag. For å hindre overkapasitet på disse aktivitetene, flyttes da bemanningen til bufferaktivitetene (13).

Finansielle buffere vil innebære at man har ekstra penger i bakhånd som for eksempel kan brukes til å kjøpe ekstra kapasitet ved behov. **Inventarbuffer** er buffere av materielle ting som for eksempel tegninger eller fysiske materialer som ligger klare på byggeplassen før det er bruk for dem (33).

Å legge inn buffere er kostbart, men uten buffere er det vanskelig å komme i mål med produksjonen (33). På grunn av kostnadene er det et mål for mange entreprenører å prøve å ta bort så mange buffere som de tør (13, 30). En annen grunn til å spare på bufferne er at en fremdriftsplan er en selvoppfyllende profeti. Det betyr at om det ble satt inn for mye ressurser, eller satt av for lang tid, vil prosjektet ta den tiden og bruke de ressursene som er satt av (26).

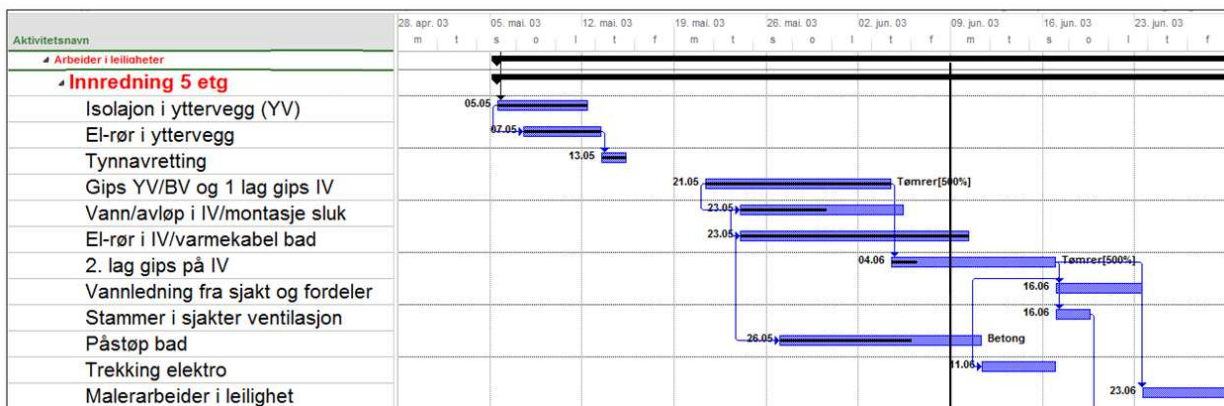
Uansett hvor mye buffer man legger inn i et prosjekt, er det viktig å spare på dem og kun bruke dem når det er nødvendig. Har man brukt opp bufferne allerede tidlig i prosjektet, er det kanskje ingen igjen når det virkelig er behov for dem, noe som kan føre til at prosjektets tidsfrist eller kostnadsramme sprenges. (11)

8. Oppfølging

Når det gjelder gjennomføring av byggeprosjekter holder det ikke å bare kunne lage gode planer, de må også følges opp. Med så mye usikkerhet knyttet til prosjekt og planlegging, er en nødt til å forvente noe avvik fra hva som er planlagt. Så lenge vi får kjennskap til hvor, hvor mye og hvorfor det er avvik, så har vi muligheten til å rette dette opp der det har skjedd (10). Derfor er oppfølging viktig.

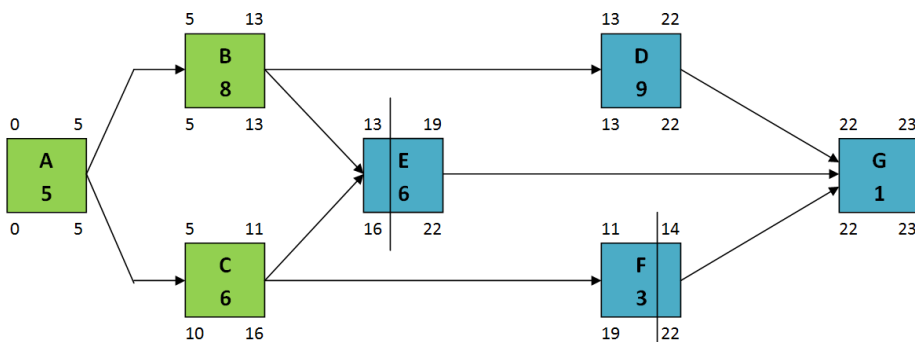
8.1. Fremdriftsoppfølging

Fremdrift i tid angis ved å oppgi hvordan en aktivitet ligger an i kalendertid i forhold til en oppsatt plan. Dette kan gjøres for eksempel i Gantt-diagram med integrert frontlinje eller i et nettverk. Ved oppfølging mot Gantt-diagram angis aktivitetene som har startet med en kontrastfarge. Denne fargen viser i prosentandel hvor langt aktiviteten har kommet. En frontlinje representerer dags dato, og med å sammenligne denne med de fargede barene, vil vi se hvilke aktiviteter som ligger foran eller etter planen (5). I Figur 34 ser vi planen til et innredningsarbeid der det er enkelt å se hvordan de ulike aktivitetene ligger an i forhold til planen. Aktivitetene *Vann/avløp*, *2. lag gips* og *påstøp bad* ligger bak skjema.



Figur 34: Oppfølging i MS Project (30)

Fremdriften i et nettverksdiagram kan illustreres ved å fargelegge aktiviteter som er ferdige og sette en strek gjennom de som har startet, slik som i Figur 35 (5). Her ble det gjennomført oppfølging på dag 14, og vi ser at aktivitet D og F ligger bak skjema, fordi D skulle ha startet og F skulle etter planen vært ferdig. Ny oppdatert informasjon etter oppfølging plottes så inn i nettverket (8).



Figur 35: Oppfølging i nettverksdiagram

Status på prosjektet må settes regelmessig, og dette settes ut fra prosjektteamets observasjoner ute på byggeplassen. Her kommer det frem opplysningene om for eksempel faktisk start, faktisk slutt, hvor langt aktiviteten har kommet eller resterende varighet (8). Det er vanlig å plote denne informasjonen inn i planen igjen.

Eventuelle tidsavvik som dukker opp kan korrigeres ved å sette inn ressurser eller gjøre andre tiltak (13). Her er det aktivitetene på kritisk vei som er prioriterte, de andre tåler gjerne å bli litt forskjøvet (11). Når endringer er gjort må planleggeren gå over planen og se om viktige milepæler fortsatt lar seg møte (8).

Hvor ofte det gjøres opp status varierer fra prosjekt til prosjekt og mellom de ulike entreprenørfirmaene, men å ha en ukentlig oppdatering av planen er ikke uvanlig (4, 13). Det er også forskjell på hvilke planer som oppdateres i forhold til de ulike plannivåene. For eksempel kan det være lurt å holde hovedfremdriftsplanen låst fordi den har faste og kontraktfestede rammer (30). Hvis alle planene hele tiden er tilpasset dagens situasjon, er det vanskelig å se hvilke avvik som har påløpt. Man kan risikere at aktivitetene blir skjøvet foran som en stor bølge, noe som kan føre til en alt for travel innsjutt (30). En måte å forhindre virkningen av dette på, er å fastsette flere delmål eller milepæler å jobbe mot. Når kontrollpunktene kommer tettere, blir det automatisk lettere å overholde planen (4).

Forsinkelser i en aktivitet kan ha ringvirkninger på hele prosjektet, det er derfor det er så viktig med oppfølging (2). Jo raskere en oppdager at det går galt, jo raskere går det å rette det opp. Hvis for eksempel grunnarbeidet ligger noen dager bak skjema, er det lettere for de 10 mennene som graver å komme à jour, enn det er for de 45 håndverkerne som kommer inn midt i prosjektet (11).

Ved oppdatering og oppfølging er det en fordel at aktivitetene er korte, og en god regel er å unngå aktiviteter med lenger varighet enn 3 til 4 uker. Ved lengre aktiviteter blir det vanskelig å estimere hvordan fremdriften går, og man bommer oftere og grovere enn med kortere aktiviteter. (11)

8.2. Prosjektoppfølging

Den tidligere beskrevne typen av oppfølging tar utgangspunkt i fremdriftsplanen og måling i faktisk tid. Dette er ofte ikke tilstrekkelig, og for å kunne utføre en fullstendig projektoppfølging må vi ha et kvantitativt uttrykk for omfanget av arbeidet (5).

Multidimensjonal oppfølging, eller *Earned value* på engelsk, er en metode som sammenligner flere dimensjoner for å oppnå et oversiktsbilde over prosjektstatusen (7). For hver arbeidspakke som et prosjekt er brutt ned til, skal det finnes et skjema hvor omfang uttrykt i ressursbehov, tid og kostnad er tatt inn (5). Dette er en forutsetning for at projektoppfølging kan bli utført (7). Det blir vanskelig å måle aktiviteter opp mot hverandre dersom det brukes fysiske enheter som tonn, meter eller lignende, fordi de ulike oppgavene ikke bruker samme måleenheter. To enheter som er gode fellesnevner er timeverk og pengeverdi, og derfor måles det som regel ut fra en av disse eller begge. For å komme over på timebehov eller antall kroner må det benyttes en estimeringsnorm som angir for eksempel timer per tonn eller kroner

per enhet. Ressursbehovet som da estimeres sier vi er uttrykt i standard timeverk eller standard kroner (5).

Multidimensjonal oppfølging baserer seg på bruken av tre parametre (5):

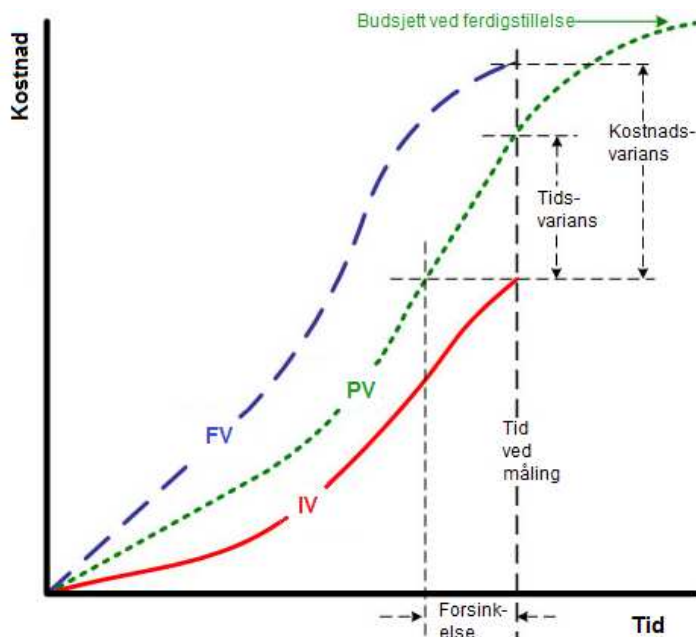
- Inntjent verdi, IV
- Faktisk verdi, FV
- Planlagt verdi, PV

Inntjent verdi, IV måler hva som fysisk er utført. Her kan vi se på inntjente timer eller verdi av utført arbeid (5).

Faktisk verdi, FV er det faktiske ressursforbruket til prosjektet (7). Her ser vi på antall timer brukt eller faktiske kostnader så langt i prosjektet.

Planlagt verdi, PV er det planlagte ressursforbruket for det arbeidet som faktisk er utført (5).

Når en etter hvert plotter inn disse tre parametrene inn i et diagram med penger på y-aksen og tid på x-aksen, får vi noe som kalles for S-kurve. S-kurve er en grafisk fremstilling som viser de akkumulerte verdiene for FV, PV og IV over tid (27). Et eksempel er vist i Figur 36.



Figur 36: S-kurve

Produktivitet

Kostnadsvariansen kan defineres som forholdet mellom planlagt ressursforbruk for det arbeidet som faktisk er utført, og faktisk ressursforbruk (8). $CV = IV - FV$. Er CV under 0, indikerer det at prosjektet ligger over budsjettet. Er CV over 0 ligger prosjektet under budsjett. For prosjektet vist i Figur 36 blir $IV - FV$ negativt, og prosjektet har derfor brukt mer penger enn budsjettet.

Kostnadsindeksen er forholdet mellom inntjent verdi og faktisk verdi. $CPI = IV/FV$. En CPI på under 1, indikerer at prosjektet overskrider budsjettet, CPI over 1, indikerer at det ligger under budsjettet.

Volum

$SV = IV - PV$ er et uttrykk for volumavvik ved oppfølgingstidspunktet (5). Er avviket negativt, har vi en forsinkelse. Er de positivt, ligger vi foran planen. Også her kan volumavviket måles med en indeks. For prosjektet i Figur 36 er ikke den inntjente verdien like stor som den planlagte, og prosjektet er derfor forsinket (7).

Tidsindeks er forholdet mellom inntjent verdi og faktisk verdi: $SPI=IV/FV$. Som for kostnadsindeksen, gjelder det at verdier over 1 er bedre enn estimatet eller tidsplanen, mens verdier under 1 indikerer at vi ligger bak (5).

Eksempel:

En entreprenør skal bygge 30 hundehus på 90 dager til en pris på 4800 kr per enhet. 20 dager etter at prosjektet startet opp ble det gjort en måling som viste at entreprenøren hadde fullført 8 hundehus med en faktisk kostnad på 40 800 kr (10). Vi går ut i fra at de bygger ett og ett hundehus etter hverandre og ikke flere samtidig.

Totalt budsjett: $30 \text{ enheter} \cdot 4800 \text{ kr} = 144\,000 \text{ kr}$

Daglig produksjon: $\frac{30 \text{ enheter}}{90 \text{ dager}} = 0,33 \text{ enheter/dag}$

Planlagt daglig budsjett: $\frac{144\,000 \text{ kr}}{90 \text{ dager}} = 1600 \text{ kr}$

Nå sjekker vi de opplysningene vi har mot målingen som ble gjort etter 20 dager:

Prosent ferdigstilt: $\frac{8}{30} = 26,7 \%$

Antall planlagte enheter: $0,33 \text{ enheter/dag} \cdot 20 \text{ dager} = 6,66 \text{ enheter}$

Planlagt kostnad etter 20 dager: $6,66 \text{ enheter} \cdot 4800 \text{ kr} = 31\,968 \text{ kr}$, **PV = 31 968 kr**

Inntjent verdi: $8 \text{ fullførte enheter} \cdot 4800 \text{ kr per enhet} = 38\,400 \text{ kr}$ **IV = 38 400 kr**

Entreprenøren har totalt brukt: $40\,800 \text{ kr etter 20 dager}$ **FV = 40 800 kr**

Når vi har regnet ut de tre parametrene IV, FV og IP vil vi sammenligne dem for å se hvordan prosjektet ligger an. Dette gjør vi da med å regne ut SV, CP, CPI og SPI.

DEL II

Kostnadsvariansen CV: $IV - FV = 38\ 400 - 40\ 800 = -2400$ kr

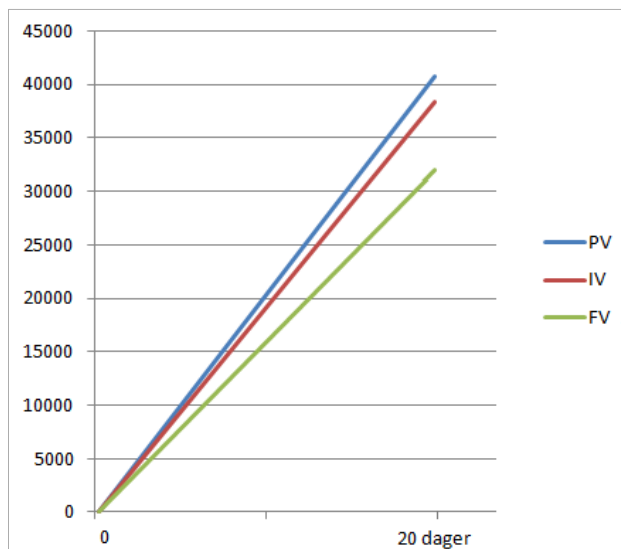
Kostnadsindeks CPI: $\frac{IV}{FV} = \frac{38\ 000}{40\ 800} = 0,94$

Tidsvariansen SV: $IV - PV = 38\ 400 - 31\ 968 = 6432$ kr

Tidsvarians i dager: $\frac{6432}{1600} = 4,02$ dager

Tidsindeksen SPI: $\frac{IV}{PV} = \frac{38\ 400}{31\ 968} = 1,20$

Figur 37 viser resultatene fra eksempelet grafisk. For eksempelet ser vi at CV er under 0, noe som innebærer at prosjektet ligger over budsjettet. Kostnadsindeksen på 0,94 betyr at prosjektet ligger over budsjettet, men verdien viser også at kostnadsoverskridelsen ikke er så stor.



Figur 37: PV, IV og FV for eksempelet

Tidsvariansen på 6432 kr innebærer at prosjektet ligger foran skjema. Tidsindeksen på 1,20 viser at prosjektet ligger godt foran skjema, noe som er bra. Alt dette kan konkluderes i at prosjektet ligger litt under budsjettet, og at det ligger fire dager foran planen.

9. Nyere metoder

De tidligere presenterte fremgangsmetodene for å lage en plan har vært brukt i bransjen i mange år. Men etter hvert som byggebransjen har opplevd hardere konkurranse og negativ produktivitetsutvikling, har nye metoder sett dagens lys (34). Dette kapittelet skal ta for seg Involverende Planlegging, takt og planlegging i 4D.

9.1. Involverende Planlegging

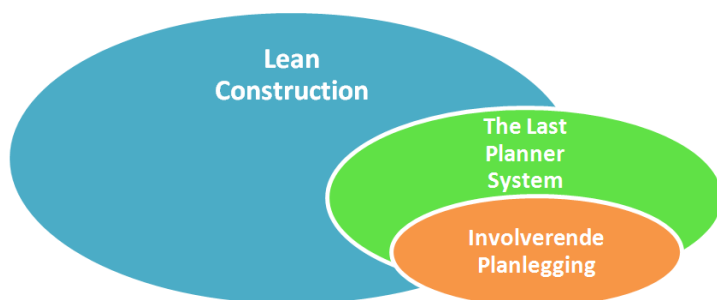
Involverende planlegging (IP) er bedriften Veidekke Entreprenør AS sin tilpasning av en metode som kalles the Last Planner System (LPS). Involverende Planlegging brukes som en metodikk for å forbedre fremdriftsplanlegging og fremdriftsoppfølging i prosjektbasert produksjon (35). Et utvalg av hva Involverende Planlegging dreier seg om er gitt under (35):

- At planene lages i fellesskap av dem som skal utføre arbeidet
- At planer skal ses på som gjensidige forpliktende løfter
- Å fjerne hindringer slik at kun sunne aktiviteter kommer til utførelse
- Å ha rullerende planer slik at planen blir så nøyaktig som mulig med den informasjonen som er tilgjengelig.

The Last Planner system

Involverende Planlegging stammer altså fra The Last Planner System, som er et planleggingsverktøy utviklet av Glenn Ballard og Greg Howell (36). Navnet the Last Planner kommer fra det grunnleggende prinsippet om at den som skal utføre et arbeid, er den som er best egnet til å planlegge dette arbeidet. Altså bør den *siste planleggeren* delta i planleggingsprosessen (37).

Utviklingen av LPS skjedde omtrent samtidig som utviklingen av produksjonsfilosofien Lean Construction. Det har blitt hevdet at LPS var i utvikling før begrepet Lean Construction ble tatt i bruk, men tankegangen som følger Lean Construction har nok vært med på å prege LPS. Forholdet mellom de to metodene er at Lean Construction er en større teori eller filosofi, mens LPS er et planleggingsystem som inkluderer prinsipper innen lean (38). Forholdet mellom Lean Construction, the Last Planner System og Involverende Planlegging, er prøvd illustrert i Figur 38. Overlappende sirkler indikerer det de har til felles.



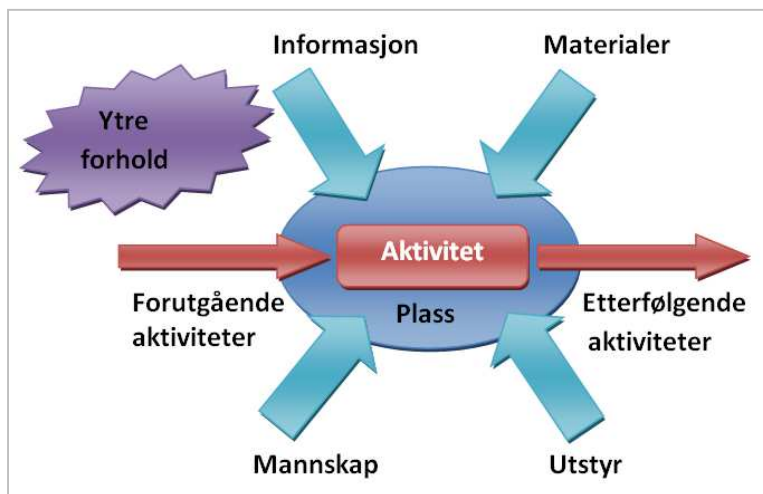
Figur 38: Forenklet sammenheng Lean Construction, LPS og IP

Selve Last Planner-systemet er både et system, et sett med regler og i tillegg til dette, et sett med verktøy som fasiliteter implementeringen av systemet. En typisk implementeringsfeil som blir gjort av mange bedrifter er å kun innføre verktøyene, og håpe på at forbedringene kommer av seg selv. Dette har vist seg å fungere dårlig, og for å lykkes med implementeringen og det videre arbeidet må det fokuseres på filosofien bak metoden (39).

Flere andre norske entreprenørbedrifter enn Veidekke bruker helt eller delvis Last Planner System i planleggingen sin (13, 15). Her brukes gjerne begrepet trimmet bygging, som er det norske ordet for Lean Construction. For enkelhets skyld vil det kun bli fokus på Veidekkes bruk av metoden, altså Involverende Planlegging.

Sunne aktiviteter

Et viktig prinsipp innen Involverende Planlegging er å gjøre aktiviteter sunne. En aktivitet som er sunn er en arbeidsaktivitet som er tydelig definert, som er satt i riktig rekkefølge og som kan utføres uten hindringer (37).



Figur 39: Syv forutsetninger (35)

Det er i Last Planner definert syv forutsetninger som må være på plass for at aktiviteten kan defineres som sunn, se Figur 39. Disse forutsetningene brukes også i IP, og arbeidet med å oppfylle forutsetningene kalles for hindringsanalyse. Tabell 6 forklarer de syv forutsetningene.

Tabell 6: Syv forutsetninger (33, 35, 40)

Forutsetning	Forklaring
Forutgående aktiviteter	Alle forutgående aktiviteter må være helt avsluttet slik at nestemann kan utføre arbeidet sitt uhindret. Det er for eksempel ikke mulig å male en vegg før den er bygget.
Informasjon	Alt av informasjon må være tilgjengelig for de som trenger det. Dette dreier seg i hovedsak om tegninger og beskrivelser.
Materialer	De nødvendige materialene må være av riktig kvalitet og mengde, og de skal være tilgjengelig på arbeidsstedet.
Mannskap	Nok mannskap med riktig kompetanse skal være på plass. Det er også viktig at behovet for variasjon i arbeidsoppgavene er ivaretatt.

Utstyr	Nødvendig utstyr for å utføre aktiviteten må være tilgjengelig. Dette kan være alt fra en kran til skruer. Utstyret skal helst også være effektivt, sikkert og lite belastende.
Plass	Det må være tilstrekkelig plass til å utføre aktiviteten. Arbeidsstedet og området rundt skal være ryddet og klargjort.
Ytre forhold	Ulike ytre forhold vil alltid være tilstede. Dette kan innebære alt fra formelle godkjenninger og tillatelser, til generelle værforhold.

Ved å planlegge kun det som lar seg gjennomføre, altså sunne aktiviteter, øker påliteligheten til planene. Ved å planlegge arbeidsaktiviteter sier man at disse aktivitetene *bør* utføres til den tiden de er satt opp. Når så den siste planleggeren forplikter seg til å utføre aktiviteten, har de sagt at de *skal* gjennomføre en arbeidsoppgave. Da er det også viktig at aktiviteten er fri for hindringer og *kan* gjennomføres (41).

Plansystemet

Noe av det mest utfordrende ved fremdriftsplanlegging er å vurdere usikkerheten i de ulike aktivitetene (15). Det er for eksempel vanskelig å fastsette nøyaktig tidsbruk på de aktivitetene som har oppstart langt frem i tid, og planene blir ikke så detaljerte og pålitelige som ønskelig. For å unngå å planlegge når man ikke har nok informasjon tilgjengelig, har LPS flere plannivåer med ulikt detaljeringsnivå. Tabell 7 viser Veidekkes planstruktur.

Plansystemet i involverende planlegging kan deles inn i to ulike nivåer: *strategiske planer* og *operative planer*. Den strategiske planleggingen gjennomføres kun en gang i starten av prosjektet, mens den operative planleggingen skjer løpende gjennom hele prosjektet (35).

Tabell 7: Plansystemet i Involverende Planlegging (35)

Plan	Innhold	Tidshorisont
Strategiske planer		
Hoved-fremdriftsplan	Overordnet plan for hele prosjektet. Den er delt opp i hovedfaser med milepæler.	Prosjektet fra start til slutt
Faseplan	Detaljerer innholdet i hovedfasene på et nivå som gjør at rekkefølge og ressursbruk kan beregnes for de ulike fagene. Eksempler på hovedfaser kan være grunnarbeider, råbygg, tett bygg og innredning.	En plan for hver hele fase
Operative planer		
Utkvikksplan	Utkvikksplanen er et vindu tatt ut av faseplanen. Den foretar en detaljering av faseplanen på aktivitetsnivå.	Vindu uke 5-9
Ukeplan	Ukeplanen fokuserer på perioden 2–4 uker frem og foretar en detaljering av utvikksplanen. Oppstarts- og sluttdato for hver aktivitet fastsettes.	Vindu uke 2-4
Lagsplan	Lagsplanen bemanner aktivitetene. Hver enkelt fagarbeider eller gjeng planlegger sine arbeidsoppgaver i inneværende uke.	1 uke (inneværende uke)

I utformingen av hver av de operative planene brukes hindringsanalyse ved hjelp av de syv forutsetningene. Flere og flere hindringer kan fjernes etter hvert som det nærmer seg tiden for

utførelse. For den siste planen, altså før ukeplanen går over til lagsplanen, er det viktig at alle aktivitetene har blitt gjort sunne.

Utkikksplanen er rullerende, noe som innebærer at så snart en uke fra utkikksplanen overføres til arbeidsplanen i produksjonen, tilføres en ny uke fra faseplanen (37). Ukeplanen og lagsplanen er også rullerende.

De ulike plannivåene og sammenhengen mellom dem kan best illustreres med et eksempel. En totalentreprenør med egne folk på betong og tømmer bygger et næringsbygg som nå er inne i fasen *Innvendige arbeider*. Faseplanen er klar, og det arbeides nå med de andre planene. På et driftsmøte mellom anleggsleder, driftsleder, prosjektleder, formann og representanter fra underentreprenørene, fokuseres det på utkikksplanen som ser på uke 5-9. En ny uke har akkurat blitt tatt ned fra faseplanen, og disse aktiviteter detaljeres samtidig som det jobbes med å fjerne hindringer. Anleggslederen oppdager at når den søndre ytterveggen av bygget skal kles igjen med innvendige gipsplater, kan det oppstå konflikt med elektrikerens som skal legge flere kabelbroer i nærheten av veggen. Etter litt diskusjon blir alle enige om at elektrikerens kan henge opp så mange kabelbrorer som han vil, så lenge de er mer enn 1,5 meter fra ytterveggen. Fire uker før start blir aktiviteten *Gipsing av yttervegg sør* flyttet ned til ukeplanen. I basemøtet der formann, anleggsleder og alle baser er til stede, sier rørleggerbasen at de ligger litt bak skjema og at de trenger ekstra tid for å bli ferdige med ytterveggen i sør. Tømmerbasen foreslår at tømmerlaget kan sette opp en lettvegg i mellomtiden, men elektrikerbasen vil gjerne legge en kabelbro langs ytterveggen så snart som mulig fordi de ellers har lite arbeid å gjøre. De blir derfor enig i at rørleggeren må øke kapasiteten sin for å bli ferdig, og at resten av arbeidet foregår som planlagt. Varigheten for kledningen med gips blir satt til fire dager. Aktiviteten *Gipsing av yttervegg sør* går så over til lagsmøtet der formann, bas og fagarbeidere tømmer er tilstede. Her forplikter et tømmerlag seg til å kle innsiden av søndre yttervegg med gips fra mandag til torsdag.

Innvolveringen

Navnet Involverende Planlegging kommer av at flere skal involveres i planleggingsprosessen. Dette skjer på flere nivåer, og spesielt viktig er involveringen av underentreprenører og fagarbeidere (35).

Lappeteknikk

En sentral metodikk i the Last Planner er lappeteknikk, og den brukes for å involvere de ulike fagene. Dette innebærer derfor ofte involvering av underentreprenører. Et annet navn på denne metoden er bakoverplanlegging, som kan være vel så beskrivende (13). I praksis gjennomføres lappeteknikken ved at deltagere fra ulike fag som alle deltar i samme fase samles i et rom. Alle skriver så på hver sine post-it lapper hvilke aktiviteter de skal gjennomføre med antatt varighet for hver av aktivitetene (35). Dette kalles selvstendige aktiviteter. En kan eksempelvis sette opp sviller og stendere innvendig i et bygg, men ikke lukke veggen med gips på begge sider før andre fag har fullført sine arbeider inne i veggen.

Ved å ta utgangspunkt i den siste aktiviteten før milepælen, setter aktørene post-it lappene sine opp på en tavle. Etter hver aktivitet som er plassert på veggen, spørres det hva som må

gjøres før denne aktiviteten. Dette blir gjort helt til en har kommet frem til den første aktiviteten i fasen. Hvis dette for eksempel er tømmeren som skal sette opp lister som siste finish på innarbeidet, er malerarbeidet det siste som må fullføres før dette kan skje. Maleren vil så si at han trenger en lukket gipsvegg for å utføre sitt arbeid. Resultatet av dette blir en realistisk fremdriftsplan som alle føler de har et eierskap til (35). Figur 40 og Figur 41 viser hvordan to tavler kan se ut etter et lappeteknikkmøte.



Figur 40: Lappeteknikk hos Veidekke (35)



Figur 41: Bakoverplanlegging hos Skanska (42)

Å lage en slik plan vil gjøre at aktørene i større grad føler at de har forpliktet seg til arbeidet. Hvis du for eksempel går til en entreprenør og sier at han har tre uker på å bli ferdig med et gravearbeid, så sier han sikkert at det er greit. To og en halv uke senere kan den samme entreprenøren komme og si at det ikke går likevel. Men hvis han selv bestemmer en frist på lappeteknikkmøtet, og han får se konsekvensene av at han ikke blir ferdig, da øker sjansene for at aktiviteten blir gjennomført etter planen (15). Involvering skaper en forpliktelse, noe som er med på at fremdriftsplanene blir sikrere (35).

Noe som utmerker seg med plansystemet i IP er at fagarbeiderne inkluderes i større grad. De får selv være med på å planlegge sin egen arbeidssituasjon og de har mulighet til å komme med innspill og nye ideer på lagsmøtet når planen utdeles. De kan også si i fra dersom de mener at noe ikke lar seg gjennomføre (35). Med denne åpne dialogen er det viktig at fagarbeiderne forplikter seg til de oppgavene de har sagt at de kan gjennomføre i løpet av uken. Dette blir mer og mer vanlig, og er et av svarene på hvordan redusere usikkerheten i prosjektgjennomføringen (28).

Prosent plan utført (PPU)

Et verktøy som IP ennå ikke utnytter til det fulle, men som er sentral i LPS, er Prosent plan utført, eller PPU. Dette er forholdet mellom aktiviteter som er utført i henhold til planen og *alle* aktivitetene som er planlagt (36). Vanligvis sjekkes PPU mot en ukentlig arbeidsplan. En kontinuerlig måling av PPU bidrar positivt til å identifisere problemer, til å finne årsaken bak problemene og dermed til å forbedre planleggingsprosessen (43).

For at metoden skal ha noen effekt om videre forbedring er det viktig at de som skal utføre aktivitetene forplikter seg til å gjennomføre dem, og at rotårsaken bak de aktivitetene som ikke ble gjennomført blir analysert. PPU er et egnende mål på planens pålitelighet og forpliktelsen til de som er involvert i planleggingen (44).

9.2. Takt

Taktprinsippet stammer fra produksjonsfilosofien fra industrien, og da spesielt bilindustrien. På en bilfabrikk strømmer bilen gjennom arbeidsstasjoner der arbeiderne utfører sine oppgaver. Med de riktige produksjonsprinsippene går denne prosessen så raskt, effektivt og kostnadssparende, at byggebransjen gjerne vil kopiere prinsippet. For å få til dette på en byggeplass, er det arbeidsteamene som må strømme gjennom de ulike arbeidsstasjonene og gjennomføre sitt arbeid (45, 46).

Taktprinsippet kan visualisere byggeprosessen som et eller flere tog gjennom bygget. Hver enkelt arbeidsoperasjon symboliseres da med togvogner som følger etter hverandre. Normalt sett deler man inn en vogn slik at den inneholder bare én type aktiviteter og ett fagområde. Rekkefølgen av vognene organiseres så på en logisk måte (45).

For å kunne gjennomføre prinsippet med en god flyt i produksjonen, må bygget være delt opp i kontrollområder med lik arbeidsmengde. Dette er fordi det skal ta omtrent like lang tid å gjennomføre arbeidet i alle kontrollområdene, altså ha samme takt. I byggeprosjekter vil det ofte være områder som ikke er repeterbare, og disse blir ikke tatt med i taktsystemet (45). Boligprosjekter har mange repeterende arbeider, og det er derfor der taktproduksjon egner seg best (30). Størrelsen av kontrollområdene i for eksempel et boligprosjekt kan være alt fra en leilighet til en hel etasje. Dersom det velges mindre kontrollområder kan et nytt fag overta området tidligere, noe som kan korte inn den totale varigheten (13).

Det aller første steget for å lage en taktplan er å sette vognene i en teknisk sett riktig og logisk rekkefølge (45). Dette gjøres gjerne ved at representanter fra de ulike fagene samarbeider og blir enige om den beste løsningen, akkurat som for Involverende Planlegging (30).

Neste steg blir å finne ut hvor lang tid de trenger for å utføre arbeidet. Dette er et kritisk punkt, da det er viktig at denne varigheten ikke avviker for mye. Her er det noen bedrifter som tar dette såpass på alvor at de gjennomfører tidsstudie av det gjeldende prosjekt før de starter opp med takt (30). Det er også nødvendig å bestemme farten som toget skal bevege seg i. Hvis det er snakk om mindre kontrollområder, holder det kanskje å sette av en dag eller to per vogn, men hvis det er snakk om større kontrollområder trenger vognen lenger tid.

Et eksempel vil illustrere dette. Det skal bygges en fiktiv høyblokk med 7 etasjer der de innvendige arbeidene skal utføres etter taktprinsippet. For enkelhetens skyld kan vi si at en etasje utgjør ett kontrollområde. Størrelsen på etasjene gjorde at takten ble valgt til å være 3 uker.

Vogn 1	Isolering yttervegg
Vogn 2	Trestendere og enkling innervegg
Vogn 3	Installere vann- og avløpsrør
Vogn 4	Rørøpplagg
Vogn 5	Isolering og gipsing
Vogn 6	Himling
Vogn 7	Sparkle og male
Vogn 8	Fliselegge kjøkken og bad
Vogn 9	Foringer, listverk og legge parkett
Vogn 10	Kobling rør
Vogn 11	Trekking av rør og tilkobling
Vogn 12	Diverse montering

Figur 42: Oversikt vognene

Tømrer	Yellow
Rørlegger	Blue
Elektriker	Red
Maler	Orange
Murer	Green
Andre	Pink

Figur 43: Fargekode for fagene

Etasje 7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
Etasje 6		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
Etasje 5			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									
Etasje 4				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
Etasje 3					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
Etasje 2						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Etasje 1							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					

Figur 44: Eksempel taktplan

Fagfeltene er fargekodet slik som vist i Figur 43, og vognene er nummererte i Figur 42. Det er på forhånd tildelt arbeidsoppgaver til de ulike vognene. Disse skal da ta omtrent 3 uker. Oppgavene er her meget forenklet, og det er mest for at det ikke skal være mulig å bruke dette som en fasit til øvingsopplegget. De ulike vognene vil ha ulik bemanning slik at arbeidsmengden er tilpasset takten.

Vogn 1, som er et tømmerlag, er første vogn ut og vil starte i syvende etasje. Når de er ferdige forflytter de seg ned i sjette etasje, og da tar vogn 2, som også er et tømmerlag, over i syvende etasje. Det er altså ikke noe problem å ha samme fag i to vogner etter hverandre, så lenge det er nok bemanning tilgjengelig. Dersom vognene ser at de ikke kommer til å bli ferdige innen de tildelte 3 ukene, er de nødt til å jobbe overtid enten på kveldstid eller i helgene. Taktprinsippet sier nemlig at etasjen *skal* være ferdigstilt og ryddet når neste vogn tar over etter 3 uker. (30, 45). Etter hvert som prosjektet går, vil det automatisk bli mindre og mindre overtid, fordi aktørene forstår hva som kreves og de vil heller jobbe effektivt i den ordinære arbeidstiden (13).

Buffere i taktplanlegging:

Ideelt sett skal et prosjekt planlegges så bra at takten går av seg selv, og prosjektet møter overleveringsdatoen til riktig tid. Risikoen for feil i planleggingen, eller risikoen for at uforutsette hendelser kan oppstå, gjør at en blir nødt til å legge inn noen buffere. Buffere generelt har blitt diskutert tidligere i avsnitt 7.2. Som for vanlige fremdriftsplaner er det mulig å legge inn buffere i form av tid, men problemet med taktplanlegging er at disse blir veldig synlige. Hvis det for eksempel er lagt inn en buffer på et par dager, kan alle se at her er det ekstra tid, og fagarbeiderne kan derfor miste respekten for takten ved å tenke at de har to ekstra dager å gå på (30). Tidsbuffere kan skjules bedre ved at det for eksempel er satt av ekstra tid til en aktivitet, eller ved at det er lagt inn ekstra aktiviteter som for eksempel rydding. Kapasitetsbuffer er en annen type buffer som kan bli satt inn. I praksis fungerer den slik at noen av vognene blir overbemannet. Fremdriften vil være stabil på grunn av det daglige fraværet som kan skyldes alt fra møter til sykdom. Bufferaktiviteter, som er uavhengige av fremdriften, kan brukes dersom bemanningen blir for stor, eller dersom det skjer uforutsette ting som hindrer den vanlige taktproduksjonen.

For at prosjektene skal bruke optimal tid, er det viktig at det ikke blir for mange buffere. Med mer erfaring med takt får planleggerne øvd seg på å våge å ta bort bufferne (13, 30).

Utfordringer

De større entreprenørselskapene som gjennomfører taktplanlegging har opplevd noen utfordringer. Stort sett jobber de fleste tømrere på akkord, der de selv har mulighet til å justere lønnen sin opp dersom de jobber effektivt. Den faste produksjonstakten har vært et ankepunkt for mange fagarbeidere fordi de tror at det ikke er mulig å utnytte akkorden like godt. Dette stemmer ikke helt, det er nemlig mulig å sjonglere ressursene for å få en optimal bemanning for aktivitetene. Dette kan øke både produksjonen og akkorden, men er avhengig av at de selv eller en dyktig bas kan gjøre denne koordineringsjobben. (13, 30)

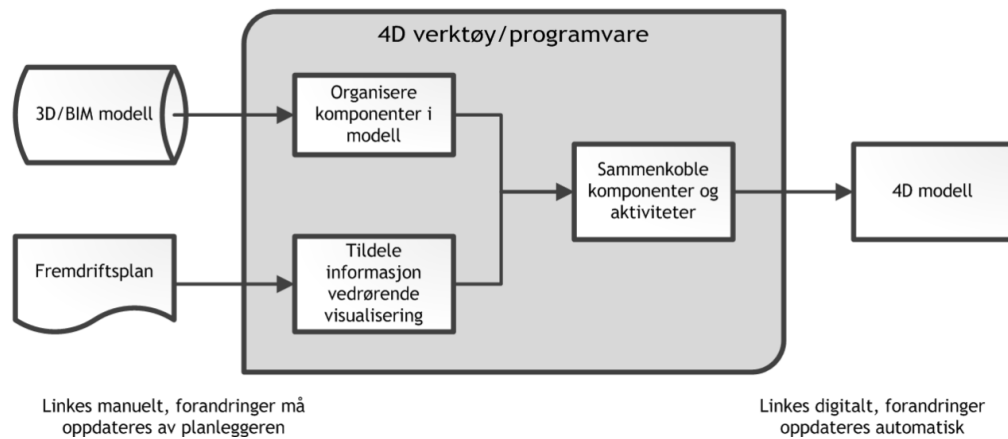
For at taktplanleggingen skal være vellykket, må også underentreprenøren forstå og ta del i konseptet med takt. Dersom de gjør det, og alle spiller på lag, vil taktplanleggingen være en metode som har positiv effekt på produktiviteten (46).

9.3. Planlegging i 4D

Flere norske bedrifter bruker i dag Bygningsinformasjonsmodellering, BIM, i sine prosjekter. De vanligste funksjonene er visualisering av bygget, kollisjonstester og mengdeuttak, men BIM kan faktisk også brukes til planlegging, noe som kalles for 4D. Ved 4D-planlegging opprettes det en forbindelse mellom tid og BIM-modellen, det vil si at fremdriftsplanen kobles sammen med 3D-objektene fra BIM-modellen (47).

Det er flere fordeler med planlegging i 4D, og den viktigste er nok visualiseringen av fremdriftsplanen både under planleggingen og ved oppfølgingen (47, 48). En kan for eksempel se hvordan bygget skal se ut på forskjellige tidspunkt, og en kan se påvirkningen av de ulike fagene eller aktivitetene. I tillegg blir det enklere å oppdage problemområder. Den gode visualiseringen gjør det også enklere å videreformidle fremdriftsplanen. Den blir mye lettere å tolke, noe som er positivt for alle involverte på byggeplassen. En annen fordel er at når elementene og aktivitetene knyttes til tid eller timeverk, vil varigheten til aktivitetene bli mer nøyaktig fordi mengden til elementene er eksakte (48).

Slik situasjonen er i dag, er det behov for tre programmer for å kunne planlegge i 4D: ett program for å lage BIM modellen, ett program for å lage fremdriftsplanen og én programvarepakke for 4D-simulering. Dataene fra de to første programmene eksporteres separat til det tredje som kobler dem sammen, se Figur 45 (47).



Figur 45: Prosessen til 4D-modellering (49)

Sammenkoblingen av 3D-objektene til fremdriftsplanen gjennomføres enten manuelt eller halvautomatisk. Dette kan bli meget tidkrevende dersom detaljnivået og inndelingene ikke passer overens.

En av de største hindringene ved 4D-planlegging i dag henger sammen med at bruken av BIM enda ikke er 100 % innarbeidet i bransjen. Det er mye som må være på plass for at bruken skal bli effektiv, som blant annet opplæring av de involverte, programvare og samhandling mellom aktørene i prosjektet. Først når BIM har blitt et innarbeidet verktøy som brukes enkelt i det daglige, vil 4D fungere som et fullgodt verktøy. 4D krever nemlig at alle aktørene er med og drar i samme retning (48).

4D-planlegging vil trolig komme best til nytte i utviklingsprosjekter der entreprenøren er veldig tidlig inne i prosjektet. Her kan det tilrettelegges for 4D-planlegging allerede fra starten av planleggingsfasen, og planen kan lages fortløpende. En annen fordel med dette er at detaljeringsgraden kan bestemmes tidlig, og en unngår avvik og merarbeid når bidragene fra de ulike aktørene skal kobles sammen (48).

10. Usikkerhet

Fremdriftsplanlegging handler om å planlegge hvordan et arbeid skal utføres i fremtiden, en prosess som er nødt til å innebære mye usikkerhet. Usikkerhet kan defineres som mangel på informasjon, kunnskap og kontroll over et fremtidig saksforhold (50), eller som differansen mellom den informasjonen som er nødvendig for å ta en sikker beslutning og den tilgjengelige informasjonen (51).

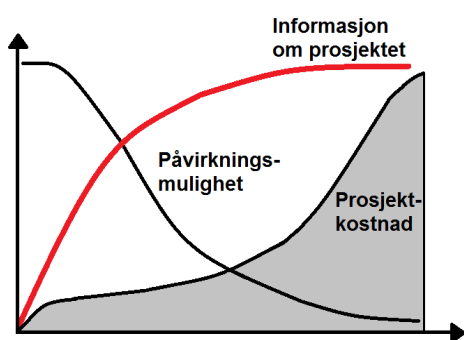
Konsekvensene av en usikkerhet er enten en mulighet eller en risiko, der risiko utgjør den negative delen av usikkerheten og mulighet den positive. Risiko er gitt ved sannsynlighet for og konsekvensene av en uønsket hendelse (50). Målene for usikkerhetsstyring i prosjekt er da logisk nok å øke sannsynligheten og virkningen av de positive hendelsene, og å redusere sannsynligheten og virkningen av de negative hendelsene i prosjektet (52). Dette kan gjøres ved å skaffe mer informasjon og danne et bilde av situasjonen som er så realistisk som mulig (53).

Kilder til usikkerhet ved fremdriftsplanlegging kan deles inn i tre kategorier (26):

1. Planleggingsproblemet
2. Avklaringsproblemet
3. Styringsproblemet

Når planleggerne lager en plan prøver de å forutse hvordan fremtiden kan eller bør være. Dessverre er ikke all informasjon om fremtiden tilgjengelig, og man kan aldri vite sikkert hvordan ting kommer til å bli før prosjektet er gjennomført (26). Dette er et planleggingsproblem.

Avklaringsproblemet handler om at rett beslutning må komme til rett tid (26). For som Figur 46 viser, så minker mulighetene i takt med at avgjørelser blir tatt.



Figur 46: Påvirkningsmulighet

En vanlig utfordring er at beslutninger ikke blir tatt i tide. Da må en gjerne gå videre på egne antakelser, noe som betyr at en planlegger på et usikkert grunnlag (28).

Styringsproblemer handler om at det ikke er mulig å ha kontroll over alle faktorene i et prosjekt. Så selv om planen er god, så kan den bli vanskelig å oppfylle. Eksempler på faktorer som kan skape problemer er uforutsette grunnforhold eller at ikke alle følger planen (28).

Planleggingsgrunnlag er det faktagrunnlaget en bygger på når et prosjekt skal planlegges. Denne informasjonen kan oppfattes som sikkert og nøyaktig, men den kan blant annet være mangelfull, forvrengt eller ha tvetydige opplysninger. Årsaken til mangelfull informasjon, er at det i dag samles inn alt for lite data fra tidligere prosjekter, noe som altså bidrar til at faktagrunnlaget er usikkert og mangelfullt (28, 53).

Trinnvis-prosessen beskrevet av Klakegg (53) er en metode som kan brukes for å bøte på det mangelfulle faktagrunnlaget, og på de vurderinger som er gjort av enkeltpersoner. I trinnvis-prosessen skjer planleggingen i grupper der alle har bakgrunn og erfaring fra bransjen. I fellesskap skal gruppen vurdere planen, noe som kan føre til en god diskusjon og læring om prosessen som skal gjennomføres (28). Det er i denne diskusjonen at verdien ligger, og noen vil til og med hevde at planleggingen er viktigere enn selve planen (51).

Trinnvis-prosessen egner seg godt ved planlegging på et litt overordnet nivå, men når planen i større grad skal detaljeres, blir prosessen for omstendelig. Her finnes det andre metoder for å redusere usikkerheten, og prinsipper fra Involverende Planlegging som lappeteknikk og hindringsanalyse er gode eksempler på det (28). Gjennom valg av entrepriseform har entreprenøren og byggherre også mulighet til å velge hvilken grad av risiko de er villige til å ta. Ved totalentreprise betaler byggherre for at entreprenøren skal ta mye av risikoen, og ved delte entrepriser tar byggherren mye av risikoen selv (54).

Alle mennesker har sin egen oppfatning og holdning til usikkerhet (26). På grunn av dette bør de store organisasjonene eller entreprenørselskapene ha bestemte rettesnorer som fungerer som deres offisielle holdning til usikkerhet. Dette kan for eksempel være krav til beslutningsgrunnlaget på ulike nivå og i ulike faser av et prosjekt (26). Entreprenørfirmaet NCC har et prinsipp om at blant annet fremdriftsplanen må være klar før prosjektet kan starte opp (11). Dette er en form for en slik rettesnor.

11. Fremdriftsplanlegging og kontrakt

NS 8407 Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalentrepriser og NS8405 Norsk bygge- og anleggskontrakt er to standarder som ofte brukes i kontrakter mellom byggherre og entreprenør. Det som står i disse standardene er derfor gjeldene dersom noe annet ikke er avtalt, og grunnen til at de nevnes i sammenheng med fremdriftsplan er at de gjør fremdriftsplanen økonomisk bindende (24, 55).

Fremdriftsplanen

Standardene angir at entreprenøren innen seks uker etter kontraktsinngåelse skal utarbeide og fremlegge en fremdriftsplan (55). For totalentreprenøren er kravet fire uker (24). Denne planen skal være så pass spesifisert at fremdriften kan kontrolleres av byggherren. Fremdriftsplanen skal vise alle hovedaktiviteter i prosjektgjennomføringen, og hvilke andre aktiviteter disse er avhengig av (55). Planen skal også vise dagmulksbelagte milepæler, samt andre viktige milepæler som tett hus, byggherrebeslutninger og tidsrammer for eventuelle sideentreprenører (24).

Oppfølging

Basert på den etablerte fremdriftsplanen skal entreprenøren jevnlig informere byggherren om fremdriftsstatus. Dette gjøres gjerne i byggemøter som byggherren kaller inn til på jevnlig basis (55). Begge parter er pliktige til å varsle om forsinkelser eller avvik med en gang de blir oppdaget. Sammen kan de da finne ut hvordan de på best mulig måte kan løse problemet (2, 55).

Det kan være utfordrende for byggherren å følge opp en entreprenør. For eksempel kan det være vanskelig å sjekke om den planlagte bemanningen stemmer med det som er ute på plassen (2). Og hvis entreprenøren gir vage svar som for eksempel at alt er under full kontroll, så må byggherren vurdere hvorvidt det stemmer. Et godt samarbeidsmiljø er derfor viktig å ha mellom alle aktørene i et prosjekt. Det skal helst være en kollektiv enighet om den kontraktfestede fremdriftsplanen, for det er den som skal følges hvis det oppstår uenigheter (2).

Fristforlengelse

Entreprenøren har krav på fristforlengelse dersom fremdriften hindres av endringer eller andre forhold som byggherren har risiko for (24, 55). Dette kan blant annet være risiko i forhold til grunnen eller valg av løsninger. Dersom fristforlengelse ikke er mulig på grunn av forholdene, kan byggherren betale entreprenøren for forsering. Forsering innebærer å fremskynde en eller flere aktiviteter, og dette kan gjøres ved å sette inn mer mannskap eller å endre utførelsesmetode. Begge partene har krav på fristforlengelse dersom fremdriften hindres av forhold som er utenfor deres kontroll, såkalt force majeure. Dette kan være ekstraordinære værforhold, offentlige påbud og forbud, streik eller lockout (24). Når det gjelder de ekstra kostnadene som følger med slike forhold, er det ikke nødvendigvis byggherren som dekker disse (15).

Et tilfelle der byggherren måtte gi fristforlengelse skjedde på et damanlegg i Nord-Trøndelag. I området var det registrert den største nedbørsmengden på 50 år, og hele to ganger kom store flodbølger og vasket med seg alt som var satt opp av forskalingsselementer og armering slik at arbeidet måtte starte fra starten av igjen. Her var det ingen som var direkte skyldig i at prosjektet ble forsinket. Andre ganger er det kanskje entreprenøren sin egen feil at prosjektet henger etter og da må de selv ta konsekvensene (15).

Forsinkelser

Sluttfristen er etter standarden dagmulktbelagt. Andre frister kan også gjøres dagmulktbelagte etter avtale dersom det angis i kontrakten for den enkelte frist. Om ikke annet er angitt, er dagmulkten for sluttfristen på én promille av kontraktssummen (24, 55).

Endringer

Byggherren kan ved endringsordre pålegge entreprenøren endringer. En endring kan gå ut på at entreprenøren skal yte noe i tillegg eller i stedet for det som opprinnelige var avtalt. Denne endringsordren skal være skriftlig og den skal forklare hva endringen går ut på (24).

Ekstraarbeid eller andre forandringer i prosjektet vil som regel kreve mer ressurser i form av bemanning, eller mer tid enn hva som opprinnelig var planlagt. Endringsordren må derfor ofte bruke av en eller flere buffere i prosjektet, noe som kan føre til forsinkelser selv for aktiviteter som i utgangspunktet ikke var kritiske (26). Entreprenørene vil da ofte kreve fristforlengelse. Av den grunn hender det at det oppstår diskusjon mellom entreprenør og byggherre angående entreprenørens krav på fristforlengelser. Det kan også fremkomme krav for endringer som ikke påvirker fremdriften direkte, og mange slike tilfeller kan til sammen føre frem til at entreprenøren får godtgjørelse (2).

For å unngå denne problemstillingen har det hendt at entreprenører har delt en egen fremdriftsplan med byggherren der de kun oppgir aktivitetenes sene startdatoer. Dette gjør at den egentlige flyten i planen blir skjult (7). Andre metoder som kan brukes for å kjøpe seg litt tid på er å oppgi et for lavt antall fagarbeidere på bemanningsplanen (2). Skulle det oppstå en tvist mellom byggherre og entreprenør der de absolutt ikke blir enige, kan de bruke en oppmann eller domstol for å løse saken.

Referanser

1. Rørtveit F. Byggeledese anno 2011 [cited 28.04 2014]. Available from: [http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/810301/\(08\)%20Fremdrifts-%20og%20...](http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/810301/(08)%20Fremdrifts-%20og%20...)
2. Personintervju med Hallvard Gilde, HR Prosjekt. Trondheim 2014.
3. Samtale med Amund Bruland. In: NTNU, editor. 2014.
4. Personintervju med Thomas Asphaug, Veidekke. Trondheim 2014.
5. Rolstadås A. Praktisk prosjektstyring. Trondheim: Tapir akademisk forl.; 2006. VI, 408 s. : ill. p.
6. Pinto JK. Project management: achieving competitive advantage. Boston: Pearson Prentice Hall; 2010. 480 s. : ill. p.
7. Hinze J. Construction planning and scheduling. Boston: Pearson; 2012. VIII, 256 s. : ill. p.
8. Weber SC. Scheduling construction projects: principles and practices. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall; 2005. XIV, 333 s. : ill. p.
9. Bassam H. Prosjektplanlegging og prosjektstyring. In: Forelesning, editor. NTNU 2012.
10. Mubarak SA. Construction Project Scheduling and Control. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.; 2010. 1 online resource (479 s.) p.
11. Personintervju med Hans Carnløf, NCC. Trondheim 2014.
12. Bielefeld B. Construction Scheduling. Basel: Birkhäuser; 2009. 83 s. : ill. p.
13. Personintervju med Marius Sørensen, Skanska. Stjørdal 2014.
14. Cooke B, Williams P. Construction planning, programming and control. Oxford: Blackwell; 2009. X, 489 s. : ill. p.
15. Personintervju med Eirik Munkeby, Skanska. Trondheim 2014.
16. Carnløf H. Prosjektstyring. In: Forelesning, editor. NTNU 2013.
17. Jackson BJ. Construction management jumpstart. Indianapolis: Wiley Technology Pub.; 2010. xxii, 386 s. : ill p.
18. Personintervju med Torstein Fjelldal, Norconsult. Trondheim 2014.
19. Flåta G. Snøhvit landanlegg - Driftsoppfølging betongarbeider - Civil II. Trondheim: NTNU; 2004.
20. Patrick C. Construction project planning and scheduling. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall; 2004. XV, 204 s. : ill. p.
21. Byggenæringens Landsforening. Akkord 2014. Available from: <http://www.bnl.no/category.php/category/Akkord/?categoryID=416>.
22. Fellesforbundet. Akkordtariff for tømmerfag – tidboka 2014. Available from: <http://www.fellesforbundet.no/Lonns--og-arbeidsvilkar/Akkordtariffer/Akkordtariffene/>.
23. Mitropoulos P. Construction Planning & Scheduling. In: Forelesning, editor. San Diego State University 2012.
24. NS8407 Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalentrepriser: standard norge; 2011.

25. Josephson P-E, Björkman L. 31 Recommendations for increased profit. Chalmers, 2011.
26. Klakegg OJ. Tidplanlegging under usikkerheit: kompendium til EEU-kurs "Prosjektplanlegging under usikkerhet". Trondheim: Inst. for bygg- og anleggsteknikk, Norges tekniske høgskole, Universitetet i Trondheim; 1994. 61, [3] bl. : ill. p.
27. Newitt JS. Construction scheduling: principles and practices. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall; 2009. XXI, 361 s. : ill. p.
28. Samtale med Ole Jonny Klakegg. NTNU 2014.
29. Haakestad I, Øverby P. Produksjonsstyring for bygge og anleggsprosjekter. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt; 1980.
30. Personintervju med Arnfinn Aune, Veidekke. Trondheim 2014.
31. ISY Prosjektplan: Norconsult; [cited 28.03 2014]. Available from: <http://www.nois.no/?aid=9098370>.
32. Møte om Involverende Planlegging II. Hornebergtunet, Trondheim: Veidekke; 2013.
33. Østby-Deglum E, Svalestuen F, Drevlanf F. TBA4127 Prosjekteringsledelse. Trondheim: tapir akademisk forlag; 2012. 237 p.
34. Kommunal- og regionaldepartementet. Gode bygg for eit betre samfunn, St. meld. nr 28 Oslo 2012.
35. Veidekke. Involverende Planlegging - i produksjon. Norge 2013. p. 25.
36. Hamzeh FR, Ballard G, Tommelein ID, editors. Improving construction work flow - The connective role of lookahead planning 2008; Manchester.
37. Ballard HG. The last planner system of production control: the University of Birmingham; 2000.
38. Alves T. Lean Construction and the Last Planner System. E-mail conversation ed 2014.
39. Lean Construction Institute. The Last Planner [cited 08.05 2014]. Available from: <http://www.leanconstruction.org/training/the-last-planner/>.
40. Venås M. Involverende Planlegging og virtual design and construction [Masteroppgave]. Norge: NTNU; 2011.
41. Ballard G, Howell G. Shielding production: essential step in production control. Journal of Construction Engineering and management. 1998;124(1):11-7.
42. Bakoverplanlegging: Skanska; [cited 06.05 2014]. Available from: <http://drammensveien134blogg.skanska.no/2013/09/11/bakoverplanlegging/>.
43. Ballard G, Howell G. Implementing lean construction: stabilizing work flow. Lean construction. 1994.
44. Samudio M, Alves TDCL, editors. Look-ahead planning: Reducing variation to work flow on projects laden with change 2012; San Diego, CA.
45. Andersen L. Organisering av prosjekterings- og byggeprosessen St. Olavs hospital, Kunnskapssenteret. Trondheim: NTNU, Samfunnsforskning; 2012. VIII, 74 s. : ill. p.
46. Mordal P. Nytt av Taktplanlegging – Casestudie av prosjekt Horneberg B3 [Masteroppgave]. Trondheim: NTNU; 2014.
47. Iversen JS. Produksjonsplanlegging i 4D [Masteroppgave]. Trondheim: NTNU; 2013.
48. Intervju per E-mail med Jonas Soleng Iversen, HENT. Trondheim 2014.

DEL II

49. Eastman CM. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. Hoboken, NJ: Wiley; 2011. XIV, 626 s. : ill. p.
50. Drevland F, Austeng K, Torp O. Usikkerhetsanalyse-Modellering, estimering og beregning.
51. Husby O. Usikkerhet som gevinst: styring av usikkerhet i prosjekter : mulighet - risiko, beslutning, handling. Trondheim: Instituttet; 1999. 210 s. : ill. p.
52. A guide to the project management body of knowledge: (PMBOK guide). Newtown Square, Pa.: Project Management Institute; 2013. 1 online resource (b.) : ill p.
53. Klakegg OJ. Trinnvis-prosessen. Trondheim: Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole, Institutt for bygg- og anleggsteknikk; 1993. 96 s. : ill. p.
54. Lædre O. Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter. Trondheim: Tapir akademisk forl.; 2009. 97 s. : fig. p.
55. NS8405. Norsk bygge- og anleggskontrakt: norsk standard; 2008.
56. Tabell over normalfordelingen: UiO; [cited 12.05.14 2014]. Available from: http://www.uio.no/studier/emner/medisin/helseadm/HSTAT1101/h04/Forelesning_og_oeverser/Tabeller.htm.

12. Eksempler

Dette eksempelkapittelet er tatt med for å supplere eksemplene i avsnitt 5.3 som var nokså forenklet. De to eksemplene som blir presentert under er begge AON-nettverk. Det ene av dem er et nettverk med kun *Finish-to-start* relasjoner, og det andre illustrerer flere ulike relasjoner.

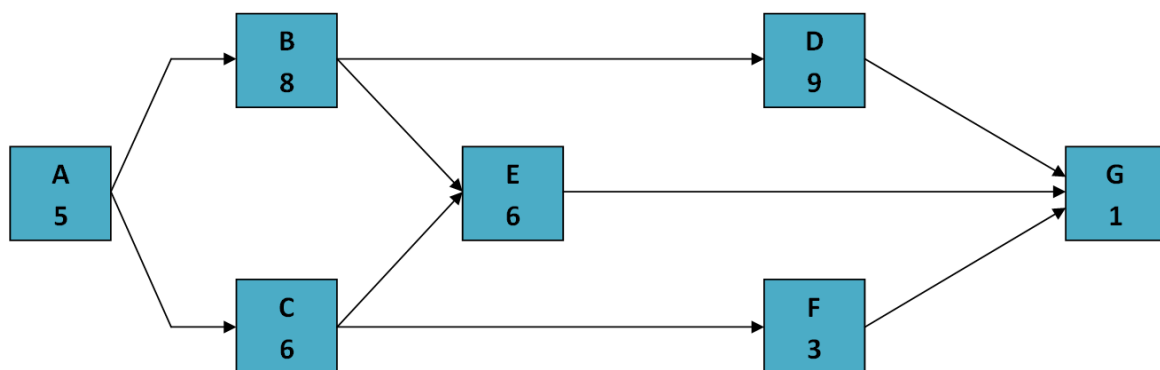
12.1. Eksempel 1

Vi kan tenke oss at dette er et mindre delprosjekt med forholdsvis kort varighet, eksempelet er hentet i fra Mubarak (10) sin lærebok.

Tabell 8: Prosjektopplysninger

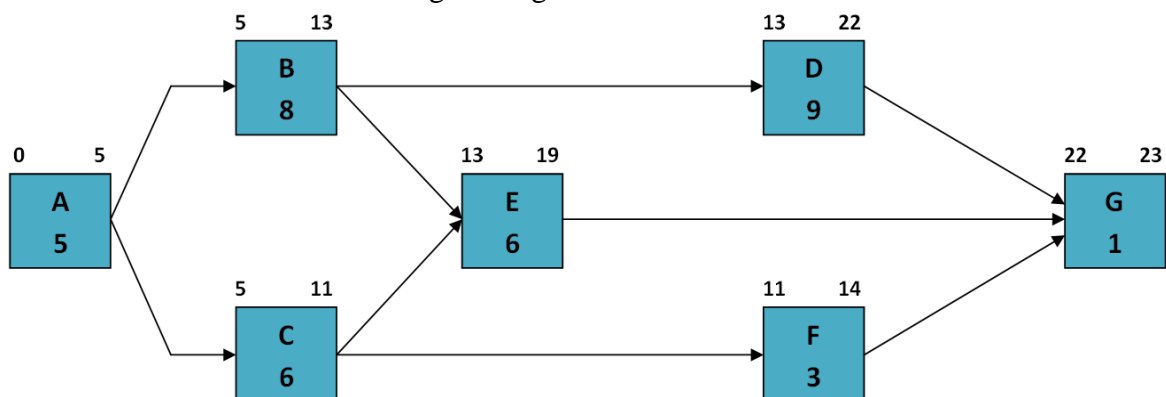
Aktivitet	Forrige aktivitet	Varighet
A	-	5
B	A	8
C	A	6
D	B	9
E	B,C	6
F	C	3
G	D,E,F	1

Ved hjelp av opplysningene om prosjektaktivitetene som er gitt i Tabell 8, er det mulig å lage et nettverksdiagram. Det riktige nettverket til disse opplysningene er satt opp i Figur 47.



Figur 47: Nettverksdiagram

Det videre resonnermentet kan følges i Figur 48.



Figur 48: Nettverk med tidlig start og tidlig slutt

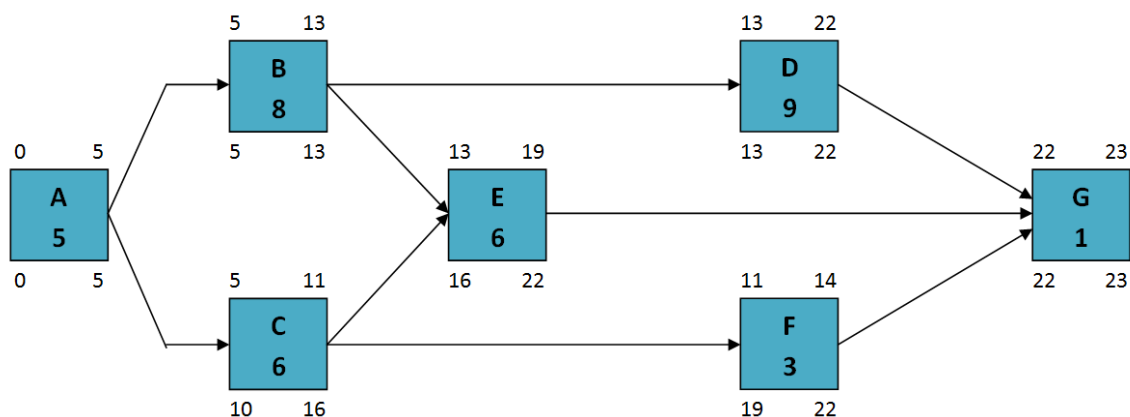
Hele prosjektet begynner med aktivitet A, som starter på begynnelsen av dag 1. Det tar 5 dager å fullføre A, og etter dette kan aktivitet B og C starte. Aktivitet B tar 8 dager, og siden den kan starte på dag 5, er B tidligst ferdig på dag 13. Aktivitet C foregår parallelt, og kan være ferdig på dag 11. Aktivitet D følger aktivitet B, og den kan starte så snart B er ferdig, på dag 13, og slutte på dag 22. Aktivitet E må vente til både aktivitet B og C er ferdig. C er ferdig til dag 11, men B er ikke ferdig før dag 13, derfor kan ikke E starte før dag 13. Etter 6 dager er E ferdig på dag 19. Aktivitet F er kun avhengig av C, så den kan starte på dag 11 og slutte på dag 15. Den siste aktiviteten, G, kan ikke starte før aktivitet D, E og F er ferdige. Vi kan se av nettverket at det tidligste tidspunktet G kan starte på er da 22, altså når den siste av D,E og F er ferdig. Etter én dag er aktivitet G ferdig på dag 23.

For dette eksempelprosjektet har vi kalkulert to typer datoer:

- Den forventede datoen for fullføring
- De tidligste datoene aktivitetene kan starte og slutte.

Tilbaketuren:

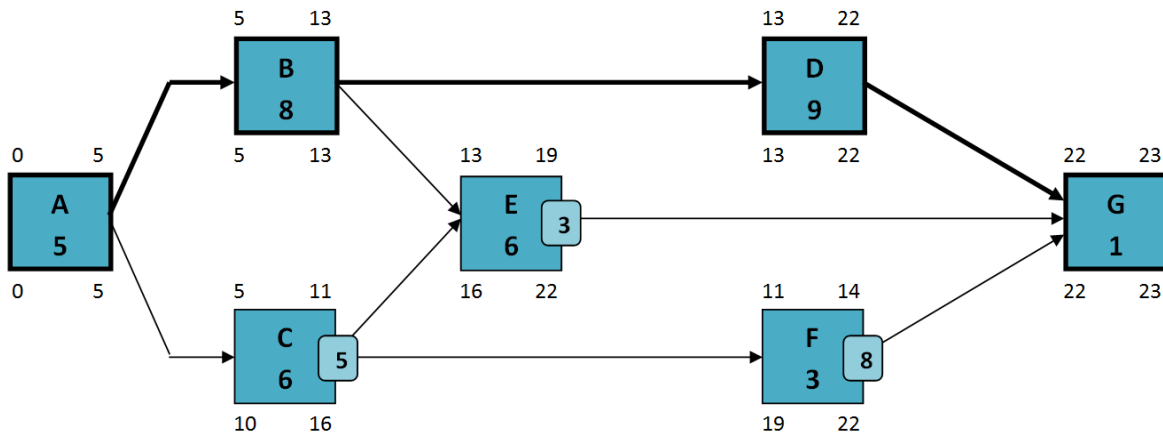
Nå vil vi gjerne starte fra slutten og jobbe oss bakover til starten, se Figur 49. Vi vet at sluttdatoen er dag 23, og at G da må være fullført. Varigheten til G er 1 dag, og G må derfor starte på dag 22 ($23 - 1$) eller før. For at aktivitet D,E og F ikke skal forsinke aktivitet G, så må de være fullført innen dag 22, og det blir den sene slutten for de aktivitetene. Med enkle beregninger finner vi de seneste dagene de kan begynne på. For D blir det $22 - 9 = 13$, for E blir det $22 - 6 = 16$, for F blir det $22 - 3 = 19$. Aktivitet C må være ferdig før aktivitet E og F kan starte. Deres sene startverdier er henholdsvis 16 og 19. Det er da logisk at aktivitet C må være ferdig før den tidligste av de to dagene, altså på dag 16, slik at oppstarten av aktivitet E ikke blir forsinket. C sin sene start blir da $16 - 6 = 10$. Aktivitet B må også fullføre før D og E kan begynne, og den sene sluttdatoen til B blir da 13. Den sene begynnerdatoen er 5 ($13 - 8$). Den siste aktiviteten i denne tilbaketuren er aktivitet A, og den må være fullført før aktivitet B og C sin sene start. Av den grunn blir den sene sluttdagen dag 5, og dens tidlige begynnelse er på dag 0.



Figur 49: Nettverk med ES, EF, LS og LF

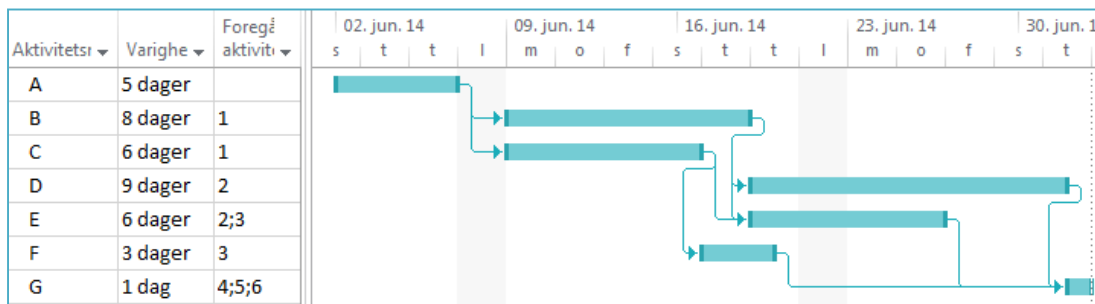
Etter at vi nå har fullført fremover- og bakoverturene, kan vi identifisere kritiske aktiviteter og flyt. For noen aktiviteter er den sene starten senere enn den tidligere starten. Dette betyr at

aktiviteten kan begynne senere enn det som er planlagt. I vårt eksempel kan F bli forsinket i hele 8 dager før det påvirker prosjektets varighet. Dette kalles flyt, og blir ofte illustrert med verdien av flyten på høyre sidekant av aktivitetsnoden slik som i Figur 50. De aktivitetene som har lik tidlig begynnelse som sen start, er kritiske aktiviteter. Den kontinuerlige kjeden av kritiske aktiviteter er prosjektets kritiske vei. Den kritiske veien er illustrert i Figur 50 med tykkere piler og tykkere bokser.



Figur 50: Flyt og kritisk vei

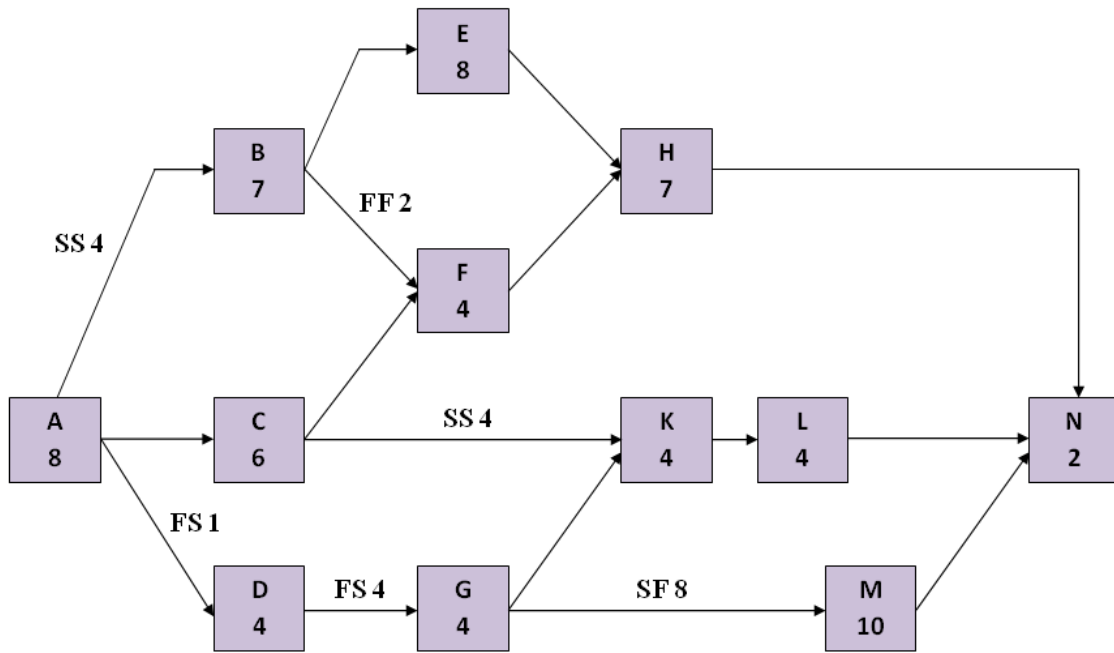
Figur 51 viser eksempelet som Gantt-diagram satt opp i MS Project med oppstartsdag 2. juni 2014.



Figur 51: Gantt-diagram for eksempelet

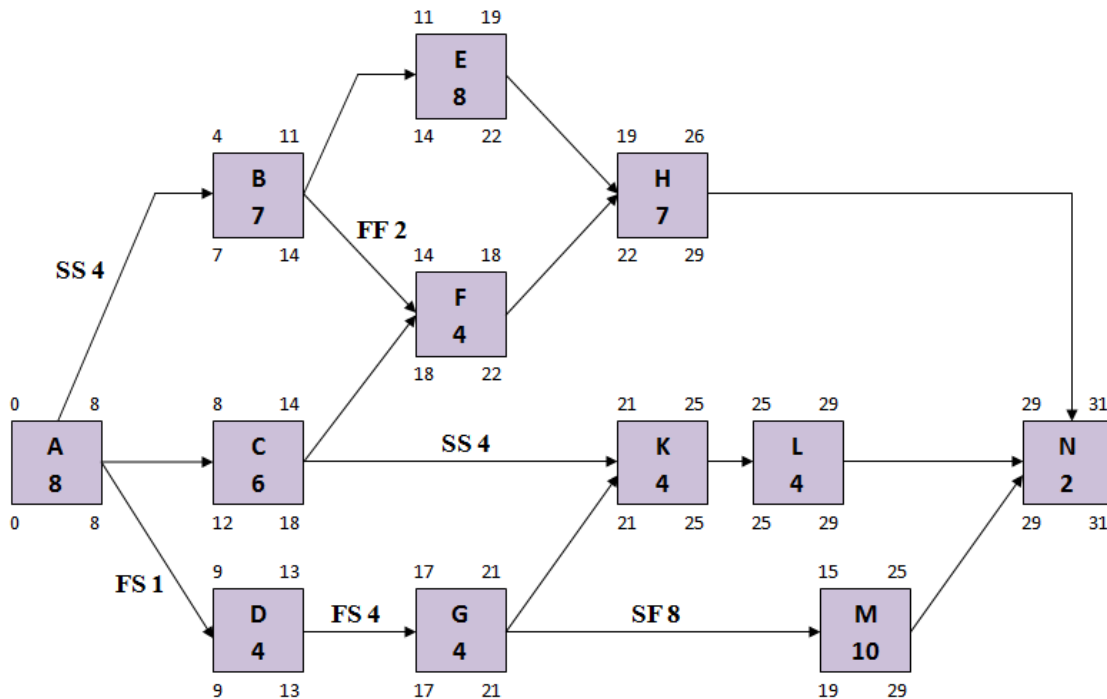
12.2. Eksempel 2

Her kommer et eksempel fra Weber (8) sin lærebok der et nettverk som har flere ulike relasjoner, se Figur 52. Relasjonene gjør utregningene litt mer kompliserte enn Eksempel 1. Det kan være lurt å prøve å løse nettverket selv først, og deretter se på det fullførte nettverket der ES, EF, LS og LF er funnet for alle aktivitetene i Figur 53.



Figur 52: Ferdig satt opp eksempelnettverk

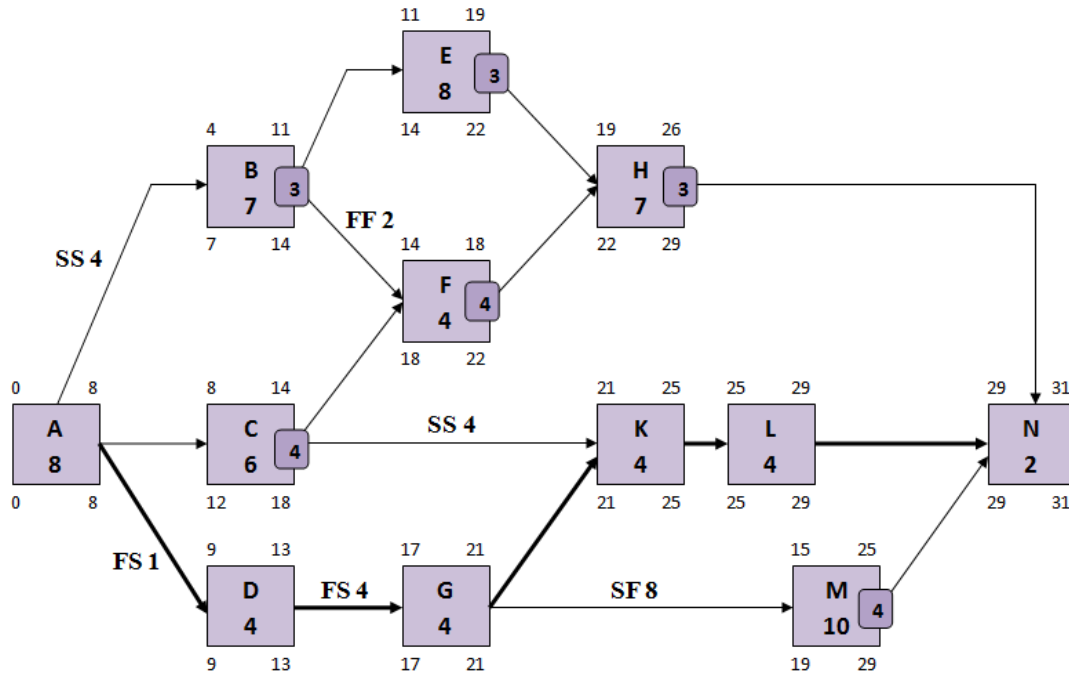
Fremgangsmåten for frem- og tilbaketuren er den samme som for eksempelet i 12.2, og den er derfor ikke presentert her.



Figur 53: Nettverk med ES, EF, LS og LF

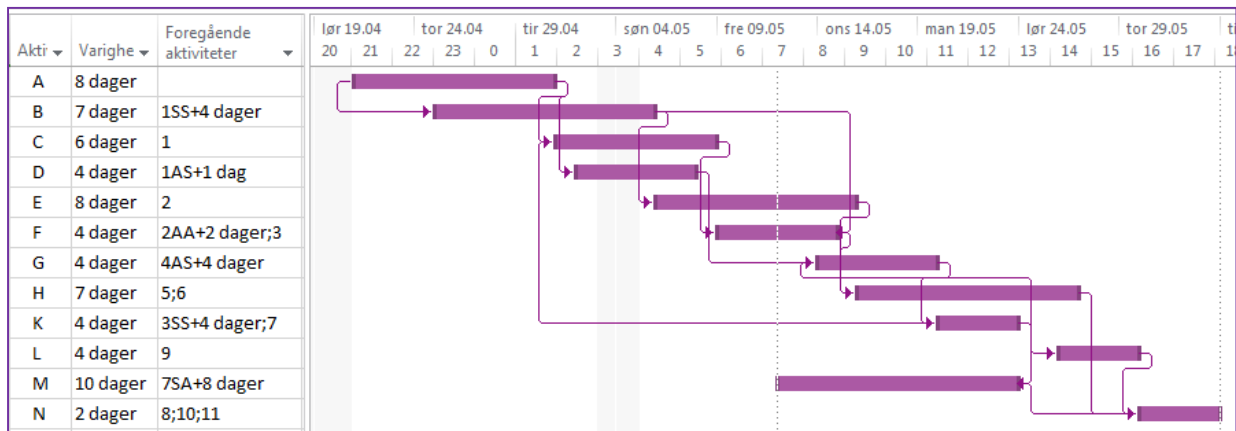
Prøv nå å finne den kritiske veien og sett på flyten før du ser på Figur 54.

DEL II



Figur 54: Nettverk med flyt og kritisk vei

Figur 55 viser eksempelet som Gantt-diagram satt opp i MS Project med oppstartsdag 12. mai 2014.



Figur 55: Gantt-diagram for eksempelet

13. Normalfordelingstabell

Tabell 9 gir sannsynligheten $P(Y \leq y)$ der Y er standard normalfordelt.

Eksempel: $P(Y \leq 0,23) = 0,5910$

For negative tall kan en bruke: $P(Y \leq -y) = 1 - P(Y \leq y)$. (56)

Verdien brukt for eksempelet i avsnitt 5.4 er markert med rødt.

Tabell 9: Normalfordelingstabell (56)

z_1	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.6	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.7	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.8	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Del III

Diskusjon og oppsummering

4. Drøfting

Formålet med denne masteroppgaven var å skrive et kompendium, og som sagt har dette vært styrende for utformingen av rapporten. Drøftingen av resultat opp mot teori har derfor ikke vært mulig å gjennomføre på vanlig vis, og det ble i stedet valgt å dele drøftingen inn i fire ulike steg som på hver sin måte begrunner og evaluerer arbeidet som er lagt ned i kompendiet. De fire stegene er kort presenter nedenfor:

Bevisste valg mot et bedre kompendium – Under utformingen av kompendiet har det blitt foretatt mange viktige valg som har påvirket innholdet og det endelige sluttresultatet. Her skal de viktigste vurderingene og beslutningene som er blitt gjort begrunnes for hvert deltema.

Oppbygningen – Oppbygningen av kompendiet er ikke tilfeldig, og her vil det bli gitt en begrunnelse og evaluering for den valgte rekkefølgen på avsnittene.

Spørreundersøkelsen – Resultatet som fremkom av spørreundersøkelsen vil bli drøftet i dette kapittelet.

Intervju – Her vil meningene til de ulike intervjuobjektene bli drøftet opp mot hverandre og opp mot litteraturen på området.

Deltema vil i den følgende teksten bli omtalt som avsnitt. Hovedmomentene for hvert steg vil ikke bli oppsummert fortløpende, men presentert samlet i oppsummeringen i neste kapittel.

4.1. Bevisste valg mot et bedre kompendium

For å sikre en helhetlig tekst er det sørget for at formateringen er lik gjennom hele kompendiet. For god oversikt er det valgt å ha overskrifter i en stor skriftstørrelse med linjemellomrom etter, noe som gjør teksten luftig og oversiktelig. Engelske uttrykk er stort sett oversatt, men innen fremdriftsplanlegging er det mange engelske begrep og navn som ikke lar seg forklare enkelt på norsk. Det forekommer også at den engelske forkortelsen allerede er

etablert i det norske språket. I disse tilfellene står hele det engelske navnet i kursiv etterfulgt av forkortelsen med store bokstaver i parentes.

Som nevnt innledningsvis, vil temaet fremdriftsplanlegging være ett av mange andre tema som tas opp i emnet Produksjonsteknikk. Det er derfor forsøkt å korte ned på så mye unødvendig informasjon som mulig. Dette er et argument i seg selv mange av de stedene der innholdet er kortet ned.

Ettersom leserne er studenter, og formatet er et kompendium, er språket gjort lettfattelig. For eksempel har begreper som kan anses som ukjente enten blitt byttet ut med kjente ord eller blitt forklart. Det er også lagt vekt på bruk av mange eksempler, både korte og mer utfyllende. I et kompendium laget for studenter kan det nesten aldri bli for mange bilder eller figurer. Gjennom hele kompendiet er det forsøkt å bruke så mange bilder som mulig, men det er kun satt inn bilder som illustrerer eller forklarer noe som står i teksten.

I den følgende teksten vil avsnitt for avsnitt i kompendiet bli gjennomgått med en kort begrunnelse av informasjonsutvalget. Det vil også bli presisert hva som ikke er med, og hvorfor dette er utelatt.

4.1.1. Hvorfor fremdriftsplanlegge

Dette avsnittet starter hele kompendiet, og hensikten er å understreke hvorfor det er viktig å planlegge. I tillegg skal dette fungere som en innledning, og det kommer derfor frem her hva leseren kan forvente å lese om videre i kompendiet. Alt innledes med et avsnitt om hvordan det er vanlig å sette opp en eksamensplan. Her knyttes dagligdags planlegging som studentene kan kjenne seg igjen i opp mot fremdriftsplanlegging på en byggeplass. Poenget er at prinsippene for planlegging gjelder uansett hvilken type plan som lages. Videre tar så avsnittet for seg mange av de viktige funksjonene som en fremdriftsplan har. Det er forsøkt å ta med så mange punkter og eksempler som mulig for å få frem hvor viktig planen faktisk er.

Selve introduksjonsdelen i avsnitt 1, som forklarer hva kompendiet skal inneholde, er gjort veldig kort og konsis. En mer detaljert beskrivelse av hva som kommer ble vurdert som unødvendig for et så kort kompendium.

Begrepslisten som er tatt med gir studentene mulighet til å få forklart ukjente ord dersom de støter på noen. I den senere teksten er det da mulig å nevne begreper uten å måtte forklare de fortløpende i teksten.

4.1.2. Historie

Historien om fremdriftsplanlegging er tatt med for å sette det hele i et større perspektiv. Enkle og lettfattelige fakta om metodene kan gjøre at studentene husker metodene bedre når de senere blir presentert. Det er første gang metodene nevnes i dette avsnittet, og et ankepunkt ved dette er da at mange nye metoder blir presentert på kort tid. For å unngå forvirring henvises det til avsnittene der det står mer utfyllende om hver metode.

4.1.3. Prosjektnedbryting

Prosjektnedbryting er ansett som en svært viktig del av fremdriftsplanlegging, og den har derfor fått forholdsvis mye plass i kompendiet. Ved å forstå betydningen av en god prosjektnedbryting, kan studentene ha en kjempestor fordel når de skal lage en fremdriftsplan i forbindelse med øvingsopplegget. Fra spørreundersøkelsen blant studentene kom det frem at de var usikre på om prosjektnedbryting var noe de kom til å lese om. Det blir derfor presisert tidlig i avsnittet at dette er et avsnitt av stor betydning.

Selve fremstillingen av prosjektnedbrytingen kan virke litt ustrukturert, ettersom det er mange viktige synspunkter som skal frem, og det har i dette tilfellet vært mulig å forklare dem nokså kortfattet. For eksempel er viktigheten av å bruke koder på aktivitetene forklart med fire linjer. I tillegg er mye av faktaene basert på forelesningsnotater, intervjuer og forskjellig litteratur, noe som kan ha ført til at teksten har fått et muntlig preg. For å få teksten mer strukturert har det blitt satt inn overskrifter der det har vært naturlig å dele inn teksten.

I dette avsnittet kunne det ha vært med et mer konkret eksempel som viste detaljert oppbygning av et lite prosjekt, men det ble heller valgt å ta med et generelt eksempel for et større bygg. Et stort prosjekt samsvarer bedre med prosjektet i øvingsopplegget, og vil nok være til større hjelp for studentene.

4.1.4. Beregning av varighet

Fra spørreundersøkelsen i kapittel 3 kom det frem at det er beregning av varighet som ble sett på som det mest ufordrende innen fremdriftsplanlegging, noe som gjør dette avsnittet veldig viktig. Erfaringstall er det som ofte ligger til grunn når det gjelder å kalkulere varighet. Størrelsen og formen på prosjektet påvirker i stor grad erfaringstallene, og dette må understrekes. Videre blir det gitt en formel for å regne ut varighet i timer. Det finnes mange forskjellige formler for å beregne varighet avhengig av hvilke tall som er tilgjengelig, men dette antas det at studentene kan tenke ut selv. Det er ikke gitt at studentene kan noe om fremdriftsplanlegging, men de har alle hatt så mye obligatorisk matte på NTNU at det antas at de kan regne med enheter.

Innunder beregning av varighet er det tatt med flere avsnitt om hvordan varigheten til et prosjekt kan kortes ned. Plasseringen av disse faktaene er nøye vurdert, noe som det kan leses mer om i kapittel 4.2. Mange av tiltakene for å korte ned et prosjekt er selvfølgelig. Selv om dette er tilfelle, er det viktig å presentere dem og å gjøre det på en systematisk måte. Det blir gitt en liten forklaring for hver metode og kanskje et eksempel. For at dette ikke skal fremstå som en komplett liste, blir i starten understreket at dette kun er *noen* vanlige metoder for å korte ned prosjektet.

Innunder delavsnittet *ekstra ressurser* forklares ulempene med overtid og det å sette inn ekstra ressurser. Det er her tatt med en figur som viser at ved å doble bemanningen vil det optimistiske utfallet være at varigheten halveres, mens det pessimistiske utfallet er at det ikke skjer noen endring i varigheten. Denne figuren illustrerer to ytterpunkter, og gir nok ikke et

helt reelt bilde på virkeligheten. Det viktigste er at figuren setter fokus på problemstillingen, noe som forhåpentligvis får studentene til å tenke over den.

4.1.5. Planleggingsmetoder

Dette avsnittet består av mange delavsnitt der en ny metode blir presentert i hver ny del. Ettersom avsnittet er bygget opp på denne måten, er det naturlig at teksten blir noe teoretisk. For å holde fremstillingen av de ulike metodene enkel, har all tekst med betraktninger eller refleksjoner blitt flyttet til andre avsnitt der det har passet bedre inn. Hensikten med dette avsnittet er å beskrive ulike metoder slik at studentene senere vet hvordan de skal gå frem for å lage en fremdriftsplan.

Avsnittet blir innledet med å si hva studentene skal ha lest om i de tidligere avsnittene, og det påpekes at dette må ha blitt gjort før en kan starte med å sette opplysningene inn i en plan. Det påpekes også at planleggingsjobben ikke nødvendigvis er ferdig selv om en fysisk plan er produsert. Poenget med å nevne dette er å underordne metodene som en del av noe større slik at studentene skjønner at det skal mer til for å lage en god plan enn å produsere et Gantt-diagram i MS Project.

Gantt-diagram

Denne metodens styrke ligger i at den er enkel å forstå (Mubarak, 2010). Av samme årsak ble det ikke sett på som nødvendig med mange utfyllende forklaringer, og avsnittet ble holdt kort. Noen fordeler og ulemper ble presentert, samtidig som det ble presisert at dette er en veldig vanlig metode å bruke. Det siste ble tatt med for å markere at ikke alle metoder er like vanlige.

Nettverksdiagram

Både AOA- og AON-nettverk blir illustrert i det innledende avsnittet, men det er kun AON-nettverket som blir forklart grundig videre. Årsaken til dette er forklart i teksten, nemlig at det nå er mest vanlig å bruke AON-nettverk i byggebransjen (Hinze, 2012). Det er tatt med et kort avsnitt om at tellingen av dagene blir gjort ved å se på slutten av arbeidsdagen, og prosjektstart blir da på slutten av dag 0 for å ta et eksempel. Dette er informasjon som kunne ha vært utelatt fordi det er mulig å lese ut i fra eksemplene hvordan dette regnes. For å oppnå en bevissthet rundt regnemåten er det tatt med likevel. Da unngår en misforståelser og unødvendige feil.

For å holde informasjonen på et overordnet nivå ble det nødvendig å kutte ut stoff. Noe som ble tatt bort var å forklare *Burst* og *Merge*. *Burst* er når flere aktiviteter springer ut fra en aktivitet og *Merge* er når flere aktiviteter samles i en aktivitet (Pinto, 2010). Begrepene er ikke essensielle for å kunne bruke metoden, og ble derfor tatt bort.

CPM

Ofte er et eksempel best egnet til å forklare, og det er det prinsippet som er brukt i dette avsnittet. Begrep som *tidlig start*, *tidlig slutt*, *sen start* og *sen slutt* forklares lett før de blir

brukt i et eksempel. Det er også gitt to mer utfyllende og avanserte eksempler i eget avsnitt bakerst, og i teksten henvises det til disse.

Begrep som flyt, kritisk vei og tidsforsinkelse er forklart fordi de er viktige å forstå når en skal jobbe med CPM. Det er egentlig mulig å dele flyt inn i flere ulike typer. Dette ble utelatt fordi det ble for omstendelig å ha det med i et kompendium med begrenset omfang.

Det at det finnes forskjellige typer relasjoner mellom aktiviteter har stor betydning for et nettverk, og det er derfor tatt med her. I tillegg er obligatoriske relasjoner, kalt restriksjoner, tatt med fordi de ofte forekommer i praksis på byggeplassen. I dette metodekapittelet er det forsøkt å unngå avsnitt med betraktninger fra intervjuobjektene. Innimellom relasjonsavsnittene har likevel noe slikt sneket seg inn, og dette er gjort fordi *det* de mener kan påvirke utformingen av planen. Betraktningene handler om at mange ikke setter inn relasjoner i planen fordi det gjør planen rotete og uoversiktlig. Dette er også forklart i kompendiet og grundigere drøftet i kapittel 4.4.3.

PERT

I avsnittet om PERT er det samme eksempelet som ble brukt tidligere benyttet. Dette er gjort for at man da allerede har kjennskap til eksempelet og lett kan sammenligne varighetene med og uten PERT.

Generelt i dette avsnittet har det vært behov for å forklare mye som ikke direkte handler om fremdriftsplanlegging. For eksempel forklares betafordeling og noen prinsipper innen sannsynlighetsberegning. Dette er gjort med tanken på at forkunnskapen til studentene er ukjent eller lav, og det er da sikrest å forklare det meste. Regnestykkene med sannsynlighetsberegninger er regnet helt ut, og derfor ble det nødvendig å gi en normalfordelingstabell bakerst i kompendiet.

Crashing

Crashing er ikke en metode for å lage en plan, men for å korte ned planen. Tankegangen som følges her ble ansett som viktig, derfor er metoden inkludert i kompendiet.

Skråstreksplanlegging

Den tradisjonelle skråstreksmetoden har sett nytt liv etter at takt og planlegging med BIM har blitt mer og mer populært. Flere av intervjuobjektene nevnte skråstreksplanlegging uoppfordret, noe som styrker antagelsen om at dette blir en mer og mer aktuell metode. Derfor er det viktig at studentene også kjenner til den. Skråstreksplanlegging skiller seg en del fra de andre metodene, og det tar derfor litt plass å forklare den. Som for CPM er forklaringen gjort i sammenheng med et eksempel for at det skal være lettere å forstå prinsippene. Dette avsnittet inneholder også en del tekst skrevet i muntlig form, og det er fordi metoden ikke nevnes igjen før ved taktplanlegging. I den teksten fokuseres det på andre ting.

4.1.6. Digitale verktøy

Når det gjelder fremdriftsplanlegging, spiller dataverktøy en stor rolle både når det kommer til visualisering og når det gjelder selve utformingen av planen (Hinze, 2012). Det var derfor

nokså selvfølgelig at dette avsnittet måtte være med i kompendiet. For å vise at det finnes mange forskjellige verktøy og ikke bare MS Project, er det gitt litt kort informasjon om flere forskjellige metoder.

Det er viktig å påpeke at dette avsnittet kun forklarer kort hva som kjennetegner de ulike verktøyene, det gir ingen fullstendig innføring. Grunnen til at det ikke er gitt en grundigere opplæring er at de fleste intervjuobjektene sa at nyutdannede generelt behersket programmer godt. Fra spørreundersøkelsen kom det frem at noen likevel kunne tenke seg en innføring i planleggingsprogrammer. Dette er en idé for et eventuelt videre arbeid.

4.1.7. Ressursplanlegging

For øvingsopplegget til Produksjonsteknikk hjelper det ikke studentene så veldig mye å vite om ressursutjevning. De kan nemlig anta antall nødvendige ressurser. Dette avsnittet er tatt mest med fordi ressursutjevning, i følge intervjuobjektene, utgjør en vesentlig del av fremdriftsplanlegging i virkeligheten. Studentene vil også få plusspoeng dersom de nevner ressurser i øvingene de leverer.

Det er i dette avsnittet lagt vekt på at ressurser er mer enn bemanning. Flere korte eksempler er tatt med for å belyse det. Et eksempel bemerker at under oljekrisen på 70-tallet så var diesel den begrensede ressursen. Dette er tatt med for å vise at mange forskjellige ressurser kan være begrensende.

Det skilles i teksten mellom ressursallokering og ressursutjevning. Selv om mye av det går ut på det samme, så er det ulike teknikker å løse de to problemstillingene på. Av spesifikke teknikker finnes for eksempel minimum moment for ressursutjevning og Brooks metode for ressursallokering. En beskrivelse av disse metodene ble for spesifikt å ta med her. Det henvises derfor til to lærebøker som er elektronisk tilgjengelig via NTNU Universitetsbiblioteket. En mulig forbedring til videre arbeid er å skrive utfyllende i teksten om disse eller andre teknikker som kan brukes ved ressursallokering eller -utjevning.

Buffere

Det ble naturlig å diskutere buffere i sammenheng med ressurser fordi bemanning ofte blir brukt som buffer. Det kom frem av intervjuene at det er vanlig å bruke mange forskjellige typer buffere i byggebransjen. Dette er viktig å få ut til studentene, fordi det kan være ny informasjon for dem. Alle de ulike buffertypene er forklart med eksempler fra byggebransjen.

4.1.8. Oppfølging

Oppfølgingskapitlet er delt inn i to deler: Den ene delen handler om oppfølging mot fremdriftsplanen, mens den andre delen handler om å følge opp etter de kvantitative mengdene som er produsert, kalt Earned Value på engelsk. Begge disse to metodene er viktige i følge intervjuobjektene.

For oppfølging mot fremdriftsplanen blir det vist hvordan dette ser ut for et Gantt-diagram og et nettverksdiagram. Her kunne det kanskje ha vært et fullgodt eksempel, men figurene viser prinsippet nokså godt alene, og med tanke på kompendiets begrensede omfang ble dette kuttet ut.

Prosjektoppfølging med kvantitativt uttrykk, Earned Value, er litt avansert, og krever derfor mye forklaring. Det første som forklares er hvilke forutsetninger som må være på plass for at dette kan gjennomføres. Det neste er å forklare begrepene. For at dette skal gi mening, er det tatt med et omfattende eksempel som inneholder alle de nevnte begrepene. I dette avsnittet er det også brukt flere relevante figurer for å belyse metoden. Mye plass går med på å forklare dette uten at studentene kan bruke det direkte i øvingsopplegget sitt, og det ble derfor vurdert å fjerne alt. Flere av intervjuobjektene kom innpå nettopp Earned Value uten at det var noen spørsmål som omhandlet dette. Det ble derfor vurdert som vesentlig å ha med. Et annet argument er at dette skal være et gjennomført kompendium som omfatter det meste innunder temaet. Å utelukke noe om oppfølging, som er en betydelig del av fremdriftsplanlegging, blir da feil.

4.1.9. Nyere metoder

Det er valgt å ta med noen nyere metoder i kompendiet. Dette er fordi flere og flere entreprenører har tatt dem i bruk, og et nytt kompendium bør være såpass oppdatert at de viktigste metodene blir presentert. Ikke alle nyere metoder er tatt med. Innen Lean Construction finnes det planleggingsprinsipper som for eksempel Just in time, Kanban og Heijunka (Teknologisk Institutt, 2011). Begrunnelsen for at akkurat de valgte metodene er tatt med, er at de har blitt utviklet og tatt i bruk i den norske byggebransjen. Disse metodene har også tidligere vært pensum i emnet Produksjonsteknikk.

Involverende Planlegging

Involverende Planlegging er det entreprenøren Veidekke som har utviklet fra the Last Planner System. Å beskrive en så bedriftsspesifikk metode i et kompendium kan oppleves som feil, men det er mulig å argumentere for valgene. Avsnittet begynner med å introdusere Last Planner og si noe om hvordan filosofien ble utviklet. Det går tydelig fram i kompendiet hvor IP kommer fra, og det blir sagt at det er Veidekke sin metode som videre blir fremstilt. Leserne vet med andre ord akkurat hva de kommer til å lese om. Ord og uttrykk i IP er norske og i noen tilfeller selvforklarende, dette gjør det lettere å forstå. Det er også lettere å formilde IP enn LPS fordi fornorskingen og konkretiseringen fører til at det er flere gode eksempler som kan brukes. I tillegg blir det nevnt i teksten at flere andre bedrifter også bruker de samme prinsippene. Blant annet blir noen av Skanska sine begreper nevnt i teksten.

Involverende Planlegging er en omfattende metode med mange prinsipper, og for å få plass i et lite kompendium var det en del som måtte utelates. Det har blitt valgt å legge vekt på blant annet planstrukturen. Dette er relevant og viktig innen IP, i tillegg så er den ikke så ulik planstrukturer i andre bedrifter uavhengig om de bruker prinsipper innen LPS eller ikke. Innen planstruktur er det tatt med et langt eksempel som skal illustrere de ulike plannivåene.

Fordi dette eksempelet var så langt, ble det vurdert fjernet. Grunnen til at det fortsatt står igjen er at det virkelig belyser hvordan en aktivitet kan detaljeres i de ulike plannivåene og hvordan hindringer kan fjernes. Her blir det i tillegg illustrert hvem som er til stede på møtene. Andre ting som prioriteres å ha med er *sunne aktiviteter* fordi dette er et avgjørende prinsipp i metoden (Veidekke, 2013). Også *lappeteknikk* og *Prosent plan utført* har fått plass i dette avsnittet. Andre prinsipper som *Shielding Production* med *bør, kan* og *skal* har blitt tonet ned fordi det blir vurdert som for teoretisk.

Takt

I avsnittet om taktplanlegging blir det enkelt og greit forklart hva som må gjøres for å lage en taktplan. Prinsipper for inndeling, rekkefølgen og farten på toget blir belyst. Det er tatt med et utfyllende eksempel som bidrar til å visualisere mye av det som blir forklart. Porsche Consulting er et mye brukt selskap som hjelper bedrifter med å innføre taktprinsippet. I dette tilfellet var det ønskelig å behandle takt på et generelt grunnlag uten bedriftsspesifikke begreper. Buffere i taktplanlegging skiller seg litt fra vanlige buffere, så det har også fått litt plass.

Planlegging i 4D

I motsetning til IP og takt er det ikke like vanlig å planlegge i 4D enda. Grunnen til at metoden er tatt med, er at sammen med utviklingen av BIM kan denne metoden komme til å bli mer utbredt. For at metoden skal bli brukt er det viktig at den blir tatt i bruk i en tidlig fase, og dette forutsetter at flere av de involverte aktørene i et prosjekt kjenner til den (Iversen, 2014). Ved å presentere metoden i kompendiet får flere studenter vite om muligheten til å bruke BIM til planlegging, noe som kan føre til at bruken av metoden øker. I følge de kildene som ble brukt er det ikke så mange direkte ulemper med metoden, derfor er ulempene heller ikke vektlagt. Dette er bevisst gjort for å unngå negativ vinkling som kan føre til unødvendig skepsis.

Siden planlegging i 4D enda ikke er utbredt, var det vanskelig å finne gode kilder som skildret 4D på en enkel måte. Det ble derfor valgt å bruke en masteroppgave som informasjonskilde der mye av fakta om 4D-planlegging ble grundig presentert. Det kan diskuteres om dette er tilstrekkelig bakgrunn for å skrive et kompendium som kan ha stor påvirkning, men fordi det som står i avsnittet er skrevet med en nøktern tilnærming uten drøye påstander, vurderes grunnlaget som godt nok.

4.1.10. Usikkerhet

Å ta med et avsnitt om usikkerhet når en snakker om fremdriftsplanlegging kan sies å være en selvfølge, men nøyaktig *hva* innen usikkerhet som bør være med kan det være vanskeligere å finne ut av. Det ble her valgt å ta med definisjonen på usikkerhet, og konsekvensen av den, for at studentene skal få en innføring. Videre ble det tatt utgangspunkt i betraktninger fra Ole Jonny Klakegg sine to bøker: *Trinnvis-prosessen* og *Tidsplanlegging under usikkerhet*. Det som blir tatt opp er årsaker som medfører usikkerhet ved fremdriftsplanlegging, trinnvis-prosessen og holdninger til usikkerhet.

Det finnes mange spesifikke metoder som er brukt for å behandle usikkerhet. PERT, som er en av dem, er allerede behandlet. Detaljerte innføringer i mange ulike metoder virket ikke hensiktsmessig for dette kompendiet grunnet den bestemte avgrensningen i omfang, og fordi metodene ikke direkte bidrar til målet om å lære studentene å lage en plan.

4.1.11. Fremdriftsplanlegging og kontrakt

Hensikten med dette avsnittet er å få frem at en fremdriftsplan er et viktig dokument i tillegg til et hjelpemiddel eller verktøy. Planer blir som regel kontraktfestet, og dette har flere ulike følger. Avsnittet tar for seg oppfølging, fristforlengelse, forsinkelser og endringer. Spesielt når det gjelder de tre siste punktene kan det oppstå konflikter mellom byggherre og entreprenør. Ulike problemstillinger og forslag til løsninger er gitt slik at studentene blir bevisste på dette til senere. Det er forsøkt å betrakte det hele fra et nøytralt ståsted uten å ta side med hverken entreprenør eller byggherre. Et mye brukt mantra i fremdriftsplanlegging er å unngå forsinkelser, og dette avsnittet forklarer kort og konsist om dagmulkt. Om kompendiet hadde gitt rom for det, kunne det i dette avsnittet vært et eksempel på en tvist om fremdrift hvis det er mulig å finne en bedrift som vil dele en slik historie. Et eksempel hadde vært med på å illustrere hvor vanlig og hvor stor en slik konflikt kan bli. Dette kan tas med i et eventuelt videre arbeid.

4.1.12. Eksempel

Som tidligere nevnt er det lagt på et ekstra avsnitt som inneholder to utfyllende eksempler om nettverksdiagram. Eksemplene er inkludert her for at den løpende teksten ikke skulle bli for oppdelt. Det første eksempelet er tatt fra en lærebok, og akkurat *det* eksempelet er valgt ut fordi det inneholder kun *finish-to-start*-relasjoner, og fordi det er akkurat passe avansert. Et for vanskelig eksempel gjør det utfordrende å følge med på logikken, og et for enkelt eksempel vil en ikke lære nok av. En grundig beskrivelse av hvordan eksempelet er gjennomført er tatt med slik at det ikke skal være noe tvil om hvor alle tallene kommer i fra.

Det neste eksempelet er noe mer avansert, og det inneholder flere ulike relasjoner. Akkurat dette eksempelet er valgt fordi det har med alle de fire forskjellige relasjonene, og fordi det er relativt komplisert. Vanskelighetsgraden har økt fra det forrige eksempelet. Noe som skiller dette eksempelet fra det andre er at gangen ikke er forklart i det hele tatt. Dette er bevisst gjort delvis fordi det ville tatt veldig lang tid å forklare alle stegene i et så stort nettverk, og delvis fordi logikken er den samme som de foregående eksemplene. Begge eksemplene er godt illustrert.

4.2. Oppbygning

Den endelige oppbygningen av oppgaven ble bestemt etter nøye vurdering og flere revisjoner, og dette skal drøftes her. Tanken bak oppbygningen er at kompendiet skal presenteres i den

DEL III

rekkefølgen som det er naturlig å utvikle en plan i. Problemet med dette er at utviklingen av en fremdriftsplan ikke nødvendigvis skjer i en bestemt rekkefølge. Det hender også at prosessen hopper frem og tilbake over de ulike stegene. Oppbygningen av kompendiet er:

1. Hvorfor fremdriftsplanlegge
2. Historie
3. Prosjektnedbryting
4. Beregning av varighet
5. Planleggingsmetoder
6. Digitale verktøy
7. Ressursplanlegging
8. Oppfølging
9. Nyere metoder
10. Usikkerhet
11. Fremdriftsplanlegging og kontrakt
12. Eksempler

Kompendiet starter med en innledning og med et overblikk over historien om fremdriftsplanlegging. Dette er gjort for å sette planlegging i en sammenheng, og er en naturlig måte å starte et kompendium på.

Del 3, prosjektnedbryting, beskriver hvordan et prosjekt kan brytes ned til aktiviteter. Det er valgt å legge dette avsnittet tidlig, fordi en er nødt til å ha definerte aktiviteter for å kunne planlegge med dem. Opprinnelig var det tenkt å ha et eget avsnitt som omhandlet hvordan en kan sette rekkefølgen på aktivitetene. Prinsippet som skulle belyses her gikk ut på at en kan starte med den bakerste aktiviteten og stille spørsmålet «Hva må være ferdig for at denne aktiviteten kan starte?» og så gjenta prosessen for alle aktivitetene bakover. Problemet med dette er at det bryter litt med det som blir forklart i prosjektnedbryting. Etter en prosjektnedbryting er rekkefølgen gjerne gitt. Med tanke på dette, og ettersom det i dag er vanlig å bruke for eksempel lappeteknikk når rekkefølgen på innvendige arbeider skal planlegges, ble avsnittet om rekkefølge kortet inn.

Neste steg nå er å finne varigheten til aktivitetene. Innunder denne delen står det litt om hvordan en kan korte ned prosjektet. Dette er temaer som det også er naturlig å omtale i flere andre sammenhenger på forskjellige steder i avsnittet, men de er tatt med her for at de skal omtales grundig så tidlig som mulig. Ta for eksempel problemstillingen med overlappende aktiviteter. Det hadde vært naturlig å diskutere overlappende aktiviteter i sammenheng med både nettverksdiagram og ressursplanlegging, men tas altså her opp i sammenheng med varighet.

Det etterfølgende avsnittet, del 5, handler om de ulike planleggingsmetodene. Tanken bak denne plasseringen er at hvis en har avgrensede aktiviteter med bestemt varighet, så kan de nå settes inn i en plan. Rett etter de presenterte metodene kommer et avsnitt om digitale verktøy. Plasseringen bak metodeavsnittet ble valgt fordi dataverktøyene omtales med jevne mellomrom i de påfølgende avsnittene. I teorien skal nå studentene etter seks avsnitt klare å lage en fremdriftsplan.

Del 7, ressursplanlegging, er en viktig del som egentlig henger sammen med avsnitt 4 fordi varigheten til aktivitetene er avhengig av bemanning. Det ble derfor påpekt at det ofte er vanlig å gå tilbake i planen for å gjøre endringer etter at en har tatt ressursene i betraktning. Effekten av å sette inn ekstra ressurser og å jobbe overtid kunne ha vært diskutert her, men den problemstillingen er tatt opp i sin helhet i sammenheng med delavsnittet *korte ned prosjektet*.

Etter at ressursutjevningen er diskutert, er det mulig å anse planen som ferdig, derfor handler neste avsnitt om det som skjer etter at planen er satt ut i livet, nemlig oppfølging. Det kunne ha vært bedre å ha satt inn dette avsnittet etter del 9, nyere metoder. Men de nyere metodene følges ikke alltid opp på samme måte, og det ble derfor vurdert som mest hensiktsmessig å se oppfølging i sammenheng med de tradisjonelle metodene.

Avsnitt 10 om usikkerhet er et viktig avsnitt, men fordi det ikke gis noen veldig konkrete råd måtte avsnittet nedprioriteres til et av de siste avsnittene. Det samme gjelder del 11 fordi det heller ikke gir informasjon som kan brukes direkte til å lage en plan. Tilslutt er de ekstra eksemplene tatt med.

4.3. Spørreundersøkelsen

Et sammenstilt resultat fra spørreundersøkelsen er gitt i kapittel 3, og undersøkelsen i sin helhet kan finnes i vedlegg 3. Resultatene fra spørreundersøkelsen fremkom på et tidspunkt da kompendiets førsteutkast allerede var ferdig. Resultatet ble derfor stort sett brukt til å bekrefte antakelser og til å gjøre enkle overkommelige forbedringer av teksten. Innspillene fra undersøkelsen vil bli diskutert her.

På et spørsmål som omhandlet hva respondentene kunne om fremdriftsplanlegging fra før, svarte flertallet at de kunne lite. Dette bekrefter det som ble antatt på forhånd, og det valgte faglige nivået skal derfor passe til målgruppen som er 3.- eller 4.-årsstudenter uten forkunnskaper.

På spørsmålet om hva den største utfordringen med å lage en fremdriftsplan var, svarte flertallet å beregne varigheten til aktivitetene. Mange dro frem at de rett og slett ikke har kunnskaper om hvor lang tid forskjellige arbeidsoperasjoner tar. Førsteutkastet av kompendiet om fremdriftsplanlegging gav ikke noe konkret svar på dette, ettersom det var utfordrende å finne stoff som behandlet dette spesifikt eller som hadde konkrete eksempler. Mer om dette i kapittel 4.4. De mange anmodningene fra studentene førte likevel til at det ble gjort utbedringer av avsnittet. Det ble lagt inn en link til Fellesforbundet sin hjemmeside der akkordtariffen til blant annet tømrere, betongarbeidere og rørleggere er oppgitt som timeverk per enhet. Noen av disse tallene ble så brukt i et utfyllende eksempel. Det ble i tillegg avtalt med Tor Jacobsen, som også bidrar til det felles kompendiet, at han skulle samle alle varighetene han hadde fra kapitlene om støping og grunnarbeider i en tabell. Til sammen gir dette studentene mer informasjon enn hva som har vært tilgjengelig tidligere år (NTNU, 2014).

DEL III

Flere av studentene ville ha med reelle eksempler fra virkeligheten der det var forklart hvilke forutsetninger som lå til grunn. Det var ikke aktuelt å ta med et slikt eksempel, fordi informasjonen ville ha vært alt for detaljert. Det er ikke ønskelig fra faglærere sin side at kompendiet skal fungere som en fasit for øvingsopplegget (Bruland, 2014).

Å beskrive detaljeringsnivået til planene ble også tatt opp, og svaret på dette inngår allerede i avsnittet om prosjektnedbryting. Studentene nevnte flere tema som allerede er beskrevet i kompendiet, som for eksempel buffere, typiske fallgruver, og koordinering mellom aktører på innvendige arbeider. Det siste punktet tas opp under taktplanlegging. Disse eksemplene bekrefter at det som allerede er tatt med i kompendiet samsvarer med det som er ønsket fra studentene.

Tabell 4.1 er samme tabellen som er gitt i resultatkapittelet, og den viser i hvor stor grad studentene ville ha benyttet litteratur om de ulike temaene innen fremdriftsplanlegging.

Tabell 4.1: Interesse for litteratur om fremdriftsplanlegging

	i stor grad	i noen grad	vet ikke	i liten grad	ikke i det tatt
Prosjektnedbryting (WBS)	16,7 %	50 %	8,3 %	8,30 %	16,7 %
Beregning av varighet	91,7 %	8,3 %	0 %	0 %	0 %
Gantt-diagram	33,3 %	8,3 %	50 %	8,3 %	0 %
Nettverksdiagram	0 %	8,3 %	75 %	8,3 %	8,3 %
Skråstreksplanlegging	0 %	16,7 %	66,7 %	8,3 %	8,3 %
Digitale verktøy	41,7 %	50 %	8,3 %	0 %	0 %
Ressursplanlegging	41,7 %	58,3 %	0 %	0 %	0 %
Oppfølging av fremdriftsplan	16,7 %	75 %	8,3 %	0 %	0 %
Involverende Planlegging	41,7 %	50 %	0 %	8,3 %	0 %
Taktprinsippet	50 %	33,3 %	16,7 %	0 %	0 %
Planlegging i 4D	8,3 %	25 %	50 %	8,3 %	8,3 %
Usikkerhet i fremdriftsplanlegging	33,3 %	50 %	8,3 %	0 %	8,3 %
Fremdriftsplanlegging og kontrakt	16,7 %	50 %	16,7 %	8,3 %	8,3 %

Fra tabellen kan en se at studentene vil lese om mange forskjellige tema. Spesielt har *Beregning av varighet* fått god score ved at 91,7 % har svart at de i stor grad vil lese om temaet. *Digitale verktøy*, *ressursplanlegging*, *oppfølging* og *Involverende Planlegging* har alle fått over 90 % svarprosent hvis en legger sammen de to positive graderingene, i *stort grad* og i *noen grad*. Dette stemmer overens med det som oppgis som savnet litteratur.

Temaet *prosjektnedbryting* har fått delt respons fra studentene. Like mange mener at de ikke kommer til å lese det i det hele tatt, som de som mener de vil lese om det i stor grad. Dette stemmer ikke med at det var flere som etterlyste det i de åpne spørsmålene, men dette kan skyldes at noen av studentene kanskje ikke vet hva prosjektnedbryting handler om. Teksten ble derfor utbedret ved å påpeke hvorfor prosjektnedbryting er viktig for å kunne lage en god fremdriftsplan. Dette vil forhåpentligvis gjøre at flest mulig leser avsnittet.

Gantt-diagram og *Planlegging i 4D* har begge fått 50 % svarprosent på graderingen *vet ikke*, og er ellers jevnt fordelt med overvekt på de positive graderingene. Det er ikke uventet at studentene ikke er sikre på om de vil lese om *Planlegging i 4D*, ettersom dette er betraktet som en forholdsvis ny metode som ikke så mange kjenner til. *Gantt-diagram* derimot burde være kjent for studentene. Det kan hende at noen av studentene mente at de allerede kunne mye om *Gantt-diagram* fra før, og at de derfor var usikre på om de trengte å vite noe mer.

Nettverksdiagram og *skråstreksplanlegging* har fått nokså negativ oppslutning med mellom 66,7 og 75 % svarprosent på graderingen *vet ikke*, og ellers en hovedtyngde på de negative graderingene. *Nettverksdiagram* alene brukes ikke så ofte på byggeplasser, så det kan være at studentene mener de ikke trenger å vite så mye om nettverk. *Skråstreksplanlegging* kan det hende at studentene rett og slett var usikre på om de trengte å lære noe om, eller så vet de ikke hva det er.

Alt i alt er det større tyngde på de positive graderingene enn de negative. Dette kan tolkes dit hen at det generelt er ønskelig med mer litteratur om fremdriftsplanlegging. For å sjekke om de utvalgte temaene faktisk er nyttige, kan det gjennomføres en ny spørreundersøkelse neste år etter gjennomført semester.

4.4. Intervju

Det har tidligere blitt fastslått at intervju som forskningsmetode egnet seg godt til denne masteroppgaven. Under vil meningene til de ulike intervjuobjektene bli drøftet opp mot hverandre, og opp mot litteraturen på området. Dette vil bli gjort i den rekkefølgen som kompendiet er bygget opp i, men alle kapitlene vil ikke bli diskutert.

4.4.1. Prosjektnedbryting

Hinze (2012), Pinto (2010) og Bielefeld (2009) legger alle vekt på at prosjektnedbryting er avgjørende for å kunne lage en god fremdriftsplan. Dette er intervjuobjektene enige i, og en erfaren planlegger uttalte «Prosjektnedbrytingen gjør jeg først. Alltid først!» (Carnløf, 2014). Intervjuobjektene legger i tillegg vekt på hvordan de vil dele opp prosjektet, og da spesielt i forhold til sted. Flere kommer med konkrete eksempler. Av de tre nevnte kildene, er det kun Bielefeld (2009) som nevner dette.

4.4.2. Beregning av varighet

I følge spørreundersøkelsen var beregning av varighet det som studentene synets var vanskeligst når de skulle lage fremdriftsplanen for øvingsopplegget. Den fremkomne litteraturen har hatt et litt annet fokus enn å gi konkrete og gode svar på dette. For eksempel bruker Hinze (2012) og Pinto (2010) mye tid på å fortelle om hvilke forbehold en må ta når en bruker erfaringstall fra tidligere gjennomførte prosjekter.

Intervjuobjektene har tilgang på erfaringstall, og svarene de har gitt gjenspeiler dette. Flere trekker frem at varigheten til aktiviteter består av tre variabler: mengde, bemanning og enhetstiden. Mengden er låst og enhetstiden har de, så derfor er det bemanningen som ofte bestemmer varigheten. For studentene som må anta bemanning og som ikke har enhetstider tilgjengelig, vil ikke disse betraktningene være til hjelp. Både litteratur og intervju feilet som metode for å gi nyttig informasjon om beregning av varighet.

4.4.3. Planleggingsmetoder

Samtlige lærebøker gjengir på en grundig måte prinsipper innen nettverksdiagram. De tar opp teknikker som for eksempel AOA-nettverk, AON-nettverk og CPM-metoden. Det var ingen av intervjuobjektene som oppgav at de brukte nettverksdiagram som planleggingsmetode i stor grad. Én uttalte: «Det er sjeldent man sitter og tegner opp nettverksdiagram på den måten som er gjort i teorien, men hvis du tegner inn en plan i MS Project og tar med avhengigheter, så får en opp den kritiske linjen.» (Munkeby, 2014). Det er altså ikke realistisk å bruke kun nettverksdiagram til å planlegge et stort byggeprosjekt, men som Munkeby (2014) uttalte, så er det fullt mulig å bruke en kombinasjon av Gantt-diagram og nettverksdiagram. De fleste intervjuobjektene påpekte at det er avgjørende å ha fokus på de kritiske aktivitetene.

Det viste seg at flere av de mer erfarne intervjuobjektene var skeptiske til å sette inn for mange relasjoner i Gantt-diagrammet. Det største ankepunktet var at ved å linke aktiviteter til hverandre, kan aktiviteter bli automatisk flyttet dersom det skjer endringer. Så hvis én aktivitet blir flyttet, så flytter de linkede aktivitetene etter. Planleggeren risikerer da å ikke kjenne igjen sin egen plan.

Skråstreksplanlegging er et tema som har blitt betraktet flere steder. Alle lærebøkene har det med, gjerne i eget kapittel på 10–12 sider slik som Newitt (2009) og Hinze (2012) har. Flere av intervjuobjektene har også omtalt dette, men på to ulike måter. Noen sier at skråstreksmetoden var en svært aktuell metode på 60-tallet og at den i dag for det meste brukes av anleggsbransjen, mens noen setter skråstreksplanlegging i sammenheng med takt eller BIM og mener at dette er en metode på vei opp og frem.

4.4.4. Digitale verktøy

Omtrent halvparten av alle intervjuobjektene kommenterte at utforming og tolking av planen også er en vesentlig del innen fremdriftsplanlegging. Flere trakk frem at valg av verktøy for å utforme planen henger sammen med hvem som skal lage planen. Her ble det nevnt at personer med bakgrunn som fagarbeider ikke er godt nok egnet eller interessert i å bruke funksjonelle verktøy som Primavera eller MS Project, og at de foretrekker å benytte Excel. Flere sa at deres entreprenørfirma gjerne brukte MS Project når de laget de største planene, men at de gikk over til Excel ved utformingen av for eksempel treukersplaner fordi disse gjerne ble laget av baser eller formenn med fagarbeiderbakgrunn.

Lesbarhet og forståelse for planen ble også trukket frem som et viktig punkt. Det nytter ikke å lage en god plan hvis det bare er planleggeren som kan forstå den. Dette er det flere av intervjuobjekter som er enige i. I følge Hinze (2012) gir Gantt-diagram et visuelt godt bilde på planen, noe som gjør at den er enkel å forstå med kun et raskt blikk. Og i følge Mubarak (2010) er Gantt-diagram intuitivt å forstå for både de med og uten teknologisk bakgrunn. Det er derfor motstridende at flere intervjuobjekter hevdet at det er mange som ikke leser Gantt-diagram særlig bra. De trekker spesifikt frem betongarbeidere og tømrere. Ett av intervjuobjektene jobber som formann og har bakgrunn fra tømreryrket. Han hadde ikke opplevd noen planer som var spesielt vanskelige å forstå, noe som støtter utsagnene fra litteraturen. Det er altså her uenighet om Gantt-diagrammer er enkle å lese eller ikke. Flere gjennomførte intervjuer med enten fagarbeidere eller personer med fagarbeiderbakgrunn kunne ha bidratt til å gi et tydeligere bilde på hvordan den virkelige situasjonen er.

4.4.5. Ressursplanlegging

Både litteraturen og intervjuobjektene er opptatte av at en økning i bemanningen for en aktivitet ikke nødvendigvis gir en tilsvarende økning i produktivitet. Fokuset når det gjelder å sette på ekstra ressurser er litt delt. Litteraturen legger vekt på at produktiviteten går ned, mens intervjuobjektene påpekte at overtid er dyrt.

Litteraturen fokuserer ikke så mye på detaljplanlegging av for eksempel innvendige arbeider, men flere intervjuobjekter kom innpå temaet. To uavhengige intervjuobjekter sa at de opplevde at deres fagarbeidere som var ansatt i entreprenørselskap med mange totalentrepriser var ovenpå i forhold til underentreprenørene på prosjektet. Dette er et eksempel på en interessant betraktning fra bransjen som litteraturen ikke tar med. Dette viser viktigheten av å bruke intervju som en forskningsmetode i tillegg til litteraturen.

Weber (2005) legger vekt på å se på ressurser i det store bildet, og bruker et helt kapittel til å ta opp koordineringen av ressurser mellom flere prosjekter. Intervjuobjektene er også innom dette, ikke fordi de jobber så mye med ressurser for hele bedriften, men fordi tilgangen på ressurser kan påvirke planleggingen. Følgene av dette er at bemanningen må planlegges til å være jevn, og at det kan hende en ikke får den bemanningen som er ønsket.

Buffere blir behandlet som et veldig viktig tema av flere av intervjuobjektene. De la vekt på at en god måte å bruke buffere på var å legge inn ekstra aktiviteter, enten bemannet eller ikke, slik at de hadde muligheten til enten sette overskuddsbemanning på disse aktivitetene eller ta bemanningen fra disse aktivitetene. Igjen kommer representantene fra bransjen frem med gode betraktninger som bør tas med i et kompendium. Bøkene behandler buffere kun kort.

I følge Klakegg (1994) vil det være hensiktsmessig å kutte ut så mange buffere som mulig, for dersom det er lagt inn ekstra tid, så brukes denne ekstra tiden. Dette bekrefter intervjuobjektene ved å understreke at de for eksempel ikke legger inn buffere på grunn av vinterstøp. De intervjuobjektene som hadde planlagt med takt påpekte også at det er mye tid å spare her ved å tørre å planlegge tøffere.

4.4.6. Oppfølging

Både litteraturen og intervjuobjektene poengterer at jo fortere en observerer at en aktivitet er forsinket, jo enklere er det å gjøre noe med det.

Det er flere viktige tema som litteraturen ikke kommer innom. Oppfølging på byggeplassen er et slikt tema. I følge intervjuobjektet som representerte en byggherre, er det en vanlig problemstilling ute på byggeplassen at fagarbeidere og gjerne underentreprenører sier at alt er under full kontroll (Gilde, 2014). Det blir her vanskelig å bedømme om arbeidet faktisk er under kontroll, eller om ekstra tiltak er nødvendig. Et annet problem i følge et annet intervjuobjekt er at fagarbeiderne ute på plassen er veldig optimistiske når de oppgir fremdriften sin (Sørensen, 2014). Slike problemer blir altså minimalt drøftet i litteraturen.

Litteraturen gav ingen svar på spørsmålet om hvor ofte det er vanlig å oppdatere en fremdriftsplan. Svarene fra intervjuobjektene var også avvikende, noen mente at planen aldri bør røres, mens andre mente at den skal oppdateres hver uke. For kompendiet ble det valgt å legge vekt på én av intervjuobjektene synspunkt som var at hovedfremdriftsplanen holdes konstant gjennom hele prosjektet mens de operative planene ble oppdatert med jevne mellomrom (Aune, 2014). Dette gjør at hovedfremdriftsplanen hele tiden kan sammenlignes med den gjeldende planen, og avvik kan bli oppdaget. Denne betraktningen får frem essensen i det de fleste intervjuobjektene sa.

4.4.7. Nyere metoder

Selv om flesteparten av bøkene som litteraturen bygger på er fra 2009 eller nyere, har ingen av dem nevnt noen av de nyere planleggingsfilosofiene som for eksempel the Last Planner System og taktplanlegging. Alle intervjuobjektene var kjent med disse metodene og fortalte hvordan deres bedrift brukte hele eller deler av dem i planleggingen. Her er det altså ikke korrelasjon mellom litteraturen og det som intervjuobjektene nevner.

Entreprenøren Veidekke har som kjent utviklet Involvernde Planlegging fra the Last Planner, og intervjuobjektene fra Veidekke la derfor vekt på at det å lage en plan i fellesskap bidrar positivt. Lappeteknikk og bakoverplanlegging ble nevnt som gode metoder for å sikre kommunikasjon, og mye bra ble også sagt om taktplanlegging. Det var altså bred enighet om at the Last Planner System og taktplanlegging er gode metoder som bør utnyttes. Når det gjelder planlegging i 4D var det ikke så mange av intervjuobjektene som hadde hørt om den metoden. Det var her avvikende oppfatninger blant intervjuobjektene ved at tre av dem mente at planlegging i 4D er fremtidens planleggingsmetode, mens resten altså ikke hadde hørt om dette i det hele tatt.

En annen grunn til å vektlegge de nyere metodene er at de kan være med på å redusere usikkerheten i planleggingen (Klakegg, 2014).

5. Oppsummering

Det har i denne masteroppgaven blitt utarbeidet et kompendium om fremdriftsplanlegging som skal inngå i en håndbok i produksjon for emnet *TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekt*. Kompendiet er på totalt 68 sider, og innholdet er tilpasset læringsplanen, læringsmålene og øvingsopplegget for emnet.

Kompendiet omhandler temaene prosjektnedbryting, beregning av varighet, planleggingsmetoder, digitale verktøy, ressursplanlegging, oppfølging, nyere metoder, usikkerhet og kontrakt i fremdriftsplanlegging. I tillegg er det tatt med et innledende avsnitt og et avsnitt med historie. Rekkefølgen kompendiet er bygd opp i skal tilsvare den rekkefølgen som det er naturlig å utvikle en fremdriftsplan i.

Kompendiet har hatt et avgrenset omfang som har ført til strenge krav ved utvelgelse av relevant stoff, og derfor ligger det en hensikt og en begrunnelse bak alle avsnitt som er inkludert. Det har blitt vurdert at kompendiet gir tilfredsstillende støtte til øvingene i emnet Produksjonsteknikk, og at studentene vil få påfyll av teori som blant annet gir en forståelse for de vanligste utfordringene ved fremdriftsplanlegging.

Spørreundersøkelsen som ble utført viste at studentene har lite forkunnskaper om fremdriftsplanlegging, og det faglige nivået i kompendiet ble derfor valgt til å passe dette. Det kom også frem at det er ønskelig fra studentene sin side med mer litteratur om fremdriftsplanlegging, og de problemstillingene de trakk frem samsvarte med det som kompendiet dekker. Ikke alle ønskene som kom frem i undersøkelsen kunne tilfredstilles fordi det ville ha gjort øvingene for enkle, kompendiet gir uansett mer informasjon enn hva som har blitt gitt tidligere år.

Informasjonen som kom fra litteraturen og intervjuobjektene har stort sett vært samstemte. De omtaler de samme tingene og understreker de samme poengene, som for eksempel at prosjektnedbryting er viktig og at bruken av buffere må begrenses. Det at intervjuobjektene er med på å bekrefte etablert kunnskap er positivt. For studentene er det litt uheldig at hverken litteratur eller intervjuobjekter hadde gode og konkrete eksempler på hvordan varighet til aktiviteter kan beregnes.

DEL III

Noen steder var litteraturen og intervjuobjektene uenige. Dette gjaldt blant annet MS Project som litteraturen mente var et veldig godt program, men som intervjuobjektene mente at ikke lot seg bruke på en enkel måte av fagarbeidere. Litteraturen la også lite vekt på nyere metoder, noe som fagpersoner fra bransjen var opptatt av.

Intervjuobjektene var også uenige seg i mellom for eksempel når det gjaldt hvor betydningsfull planlegging i 4D og skråstreksplanlegging er. På noen områder kunne intervjuobjektene utfylle informasjonen fra litteraturen blant annet med eksempler. Dette viser at det var formålstjenelig å bruke intervju som forskningsmetode i tillegg til litteraturstudie.

Til sammen har litteraturen og intervjuobjektene fremskaffet nok informasjon til å gjøre det mulig å lage et kompendium om fremdriftsplanlegging.

6. Videre arbeid

Det har i denne oppgaven blitt utarbeidet et kompendium innen temaet fremdriftsplanlegging. Et videre arbeid vil være å fullføre håndboken i produksjon av bygninger som da kan fungere som et komplett kompendium for emnet *TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge og anleggsprosjekt*. Dette arbeidet innebærer å skrive et siste kapittel om kalkulasjon og å utfylle kapittelet om byggeprosjekter som Eirik Munkeby startet på, samt å sette alle delene sammen til en fullstendig tekst.

Selve kompendiet om fremdriftsplanlegging har blitt skrevet med fokus på å holde omfanget nede, og kan enkelt utvides dersom det er ønskelig. Det ble gjennomført ni intervjuer fra seks forskjellige bedrifter der alle hadde gode poenger om fremdriftsplanlegging. Et utvidet arbeid kan med fordel inkludere enda flere intervjuobjekter fra flere bedrifter for å øke informasjonsmengden, og for å få frem flere ulike synspunkter.

Noen konkrete momenter ble bevisst utelatt fra kompendiet, men kan inkluderes dersom det er ønskelig med et utvidet omfang. Kompendiet mangler en fullstendig innføring eller guide til et planleggingsprogram. Dette kan inkluderes i kompendiet, eller det går an å se på muligheten for å arrangere et kurs for studentene. Spesifikke metoder for ressursallokering og ressursutjevning kan også inkluderes, da dette nå i førsteomgang ble for omfattende. En annen idé for videre arbeid er å finne flere gode eksempler fra bransjen. For eksempel kunne en reell tvist mellom byggherre og entreprenør ha økt forståelsen for hva den avtalte kontrakten har å si for planlegging.

Et viktig fremtidig arbeid vil være å evaluere det arbeidet som har blitt gjort. Dette kan gjøres på flere forskjellige måter. For å sjekke om de utvalgte temaene om fremdriftsplanlegging faktisk var nyttige, kan det gjennomføres en spørreundersøkelse blant studentene som har hatt tilgang til kompendiet.

Innledningsvis ble det presentert to suksesskriterier: At studentene lager bedre fremdriftsplaner i øvingsopplegget etter at de har fått tilgang til kompendiet, og at studentenes eksamensbesvarelse innen temaet fremdriftsplanlegging blir forbedret. Dette kan sjekkes ved å sammenligne poengscoren til studentenes øving om fremdriftsplanlegging mot årets poengscore, og ved å se på om studentene leverer en bedre eksamensbesvarelse innen temaet fremdriftsplanlegging. Det som kommer frem av en eventuell evaluering bør brukes til å

DEL III

forbedre kompendiet. Årets poengscore på øvingen og resultatene fra eksamen var ikke klare da denne masteroppgaven gikk til trykking, og de har derfor ikke blitt inkludert i arbeidet.

Utviklingen av planleggingsfaget i norsk byggebransje kan en si at har gått mer og mer mot bruk av nyere metoder som inkluderer prinsipper fra Lean Construction, the Last Planner System og BIM for å nevne noen. For å sikre at dette kompendiet ikke blir utdatert, er det derfor viktig å evaluere det med jevne mellomrom. Om nødvendig kan det fylles på med nytt og aktuelt stoff, og utdatert informasjon kan renskes ut.

Referanser

- AKSNES AS. 2014. *Spørreundersøkelser* [Online]. Available: <http://www.xn--sprreunderskelsler-10bj.no/> [Accessed 2014 22.05].
- AUNE, A. 2014. Personintervju med Arnfinn Aune, Veidekke. Trondheim
- BAT. 2014. *Temaområde: Anleggsteknikk/Produksjonsteknikk* [Online]. Trondheim: Instituttet for bygg, anlegg og transport. Available: http://www.ntnu.no/web/bat/anleggsteknikk_produksjonsteknikk.
- BIELEFELD, B. 2009. *Construction Scheduling*, Basel, Birkhäuser.
- BRULAND, A. 2014. Samtale med Amund Bruland. Trondheim.
- CARNLØF, H. 2014. Personintervju med Hans Carnløf, NCC. Trondheim.
- DALEN, M. 2014. Validitet og reliabilitet i kvalitativ forskning. UiO.
- DALLAND, O. 2012. *Metode og oppgaveskriving for studenter*, Oslo, Gyldendal akademisk.
- FELLOWS, R. & LIU, A. 2008. *Research methods for construction*, Chichester, Wiley-Blackwell.
- GILDE, H. 2014. Personintervju med Hallvard Gilde, HR Prosjekt. Trondheim.
- HALLERAKER, S. 2013. Prosjektoppgave: Gjennomført praksis innen Involverende Planlegging i Veidekkes prosjekter. Trondheim: NTNU.
- HINZE, J. 2012. *Construction planning and scheduling*, Boston, Pearson.
- IVERSEN, J. S. 2014. Intervju per E-mail med Jonas Soleng Iversen, HENT.
- JACKSON, B. J. 2010. *Construction management jumpstart*, Indianapolis, Wiley Technology Pub.
- LARSEN, A. K. 2007. *En enklere metode: veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*, Bergen, Fagbokforl.
- MUBARAK, S. A. 2010. *Construction Project Scheduling and Control*, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.
- MUNKEBY, E. 2014. Personintervju med Eirik Munkeby, Skanska. Trondheim.
- NEWITT, J. S. 2009. *Construction scheduling: principles and practices*, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall.

- NTNU. 2014. *TBA4130 - Produksjonsteknikk i BA-prosjekt* [Online]. NTNU. Available: <http://www.ntnu.no/studier/emner/TBA4130/2013#tab=omEmnet> [Accessed 26.05.14 2014].
- OLSSON, N. 2011. *Praktisk rapportskrivning*, Trondheim, Tapir akademisk.
- PINTO, J. K. 2010. *Project management: achieving competitive advantage*, Boston, Pearson Prentice Hall.
- SAMSET, K. 2008. *Prosjekt i tidligfasen: valg av konsept*, Trondheim, Tapir akademisk forl.
- SØRENSEN, M. 2014. Personintervju med Marius Sørensen, Skanska. Stjørdal
- TEKNOLOGISK INSTITUTT. 2011. *Lean ordliste* [Online]. Available: <http://www.teknologisk.no/Virksomhetsutvikling/Lean/Lean-ordliste> [Accessed 28.05 2014].
- VEIDEKKE 2013. *Involverende Planlegging - i produksjon*. Norge.
- WEBER, S. C. 2005. *Scheduling construction projects: principles and practices*, Upper Saddle River, N.J., Pearson Prentice Hall.

Vedlegg

VEDLEGG 1: OPPGAVETEKST	I
VEDLEGG 2: INTERVJUGUIDE	IV
VEDLEGG 3: SPØRREUNDERSØKELSE	XIII

MASTEROPPGAVE

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave

VÅREN 2014

for

Stine Halleraker

Fremdriftsplanlegging i produksjon

BAKGRUNN

TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekter undervises i dag ved NTNU. Tidligere kursmateriell i emnet har vært forelesningsnotater, leverandørinformasjon, utdrag fra bøker og liknende. Dette har ikke blitt sett på som tilstrekkelig, og det har lenge vært ønsket fra studenter og faglærere å få på plass en håndbok i produksjon av bygninger, skrevet på norsk, som kan brukes som lærebok i faget.

OPPGAVE

Skrive et kapittel om fremdriftsplanlegging som skal inngå i en håndbok i produksjon av bygninger. Håndboken skal kunne fungere som lærebok i emnet *TBA4130 Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekter*.

Beskrivelse av oppgaven

I denne oppgaven blir det gitt en innføring i omfanget, oppbygningen og de spesielle forholdene som gjelder for denne oppgaven. Videre er de benyttede forskningsmetodene beskrevet og begrunnet. Kompendiet vil være en del av denne rapporten i sin helet. Alle avgjørelser som har blitt tatt i prosessen frem til det ferdige kompendiet er begrunnet i en drøfting.

Målsetting og hensikt

Hensikten med oppgaven er å produsere et kapittel om fremdriftsplanlegging.

Hovedmålet med dette kapittelet er å gjøre studentene i stand til å bygge opp en enkel fremdriftsplan ved å sette seg inn i det. Delmålet med kompendiet er at studentene skal få en forståelse for de vanligste utfordringene som kan melde seg ved fremdriftsplanlegging.

I tillegg til målene har det blitt satt to suksesskriterier: At studentene lager bedre fremdriftsplaner i øvingsopplegget fra våren 2015 enn de har gjort tidligere, og at studentenes eksamensbesvarelse innen temaet fremdriftsplanlegging blir forbedret.

Deloppgaver og forskningsspørsmål

Det har ikke blitt satt noen forskers spørsmål i denne masteroppgaven på grunn av at oppbygningen og innholdet ikke gjorde det hensiktsmessig.

GENERELT

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.
Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til sonja.hammer@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Amund Bruland

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU
Dato: 20.01.2014, revidert: 10.06.2014

Underskrift



Faglærer

VEDLEGG 2

INTERVJUGUIDER

Intervjuguide: 05.02.14

- Hva går ditt arbeid ut på i forbindelse med fremdriftsplanlegging?
- Hvordan strukturere og bygge dere opp en fremdriftsplan?
 - Hvordan finner dere varigheten til de ulike aktivitetene.
- Hva er din bedrifts kjennetegn innen fremdriftsplanlegging?
- Når starter dere planleggingen? Altså omtrent hvor lenge før byggestart lager dere planen?
- Hva mener du at nyutdannede kan for lite om innen fremdriftsplanlegging?
- Har du hørt om nettverkdiagram og kritisk vei, hvor viktig mener du det er at studentene kjenner til dette?
- Hva er den største utfordringen ved å lage en fremdriftsplan?
 - Fører koordinering med underentreprenører til noen utfordringer?
- Hvor viktig er det for dere å holde fremdriftsplanen og endelig sluttdato?
 - Hvis det oppstår uforutsette hendelser, hva gjør dere for å fortsette å møte fristene?
- Hvordan gjennomfører dere ressursutjevning, brukes det mye tid på det?

VEDLEGG 2

Intervjuguide: 26.02.14

- Hva går ditt arbeid ut på i forbindelse med fremdriftsplanlegging?

Oppbygning og selve planen

- Hvilken entreprisform er brukt på dette prosjektet?
- Med tanke på ulike faser og ulike nivåer, kan du fortelle om hvordan deres fremdriftsplaner er bygget opp?
- Når starter dere planleggingen av de ulike planene?
- Hvordan strukturere og bygge dere opp en fremdriftsplan?
- Hvordan finner dere varigheten til de ulike aktivitetene?
- Hva er den største utfordringen ved å lage en fremdriftsplan?
- Hvordan ønsker din bedrift å fremstå når det gjelder fremdriftsplanlegging?
- Hvor levende er deres plan? Kan du for eksempel si hvor ofte dere oppdater den?
 - Noen ganger oppstår det forsinkelser, både selvforskyldt og ikke. Har du et eksempel der dere klarte å møte fristene likevel?
- Hvordan gjennomfører dere ressursutjevning, brukes det mye tid på det?

Læring

- Hva mener du at nyutdannede kan lære om innen fremdriftsplanlegging?
- Hvor viktig mener du det er at studentene kjenner til begreper som for eksempel nettverksdiagram og kritisk vei?
- Hvor detaljert mener du at et slikt kompendium skal være?

Kontrakt

- Fører koordinering med underentreprenører til noen utfordringer? Hvis ja, har du noen eksempler på dette?
- Hvordan brukes fremdriftsplanen i forhold til byggherren? Hva er kontraktsfestet? Har dere byggemøter? Noe annet?
- Har du eller din bedrift opplevd konflikter med byggherre eller eier på grunn av uenighet om flyt? For eksempel pålagt ekstraarbeid som har ført til forsinkelser?

Har du forslag til andre personer som har mye kunnskap om fremdriftsplanlegging?

VEDLEGG 2

Intervjuguide: 11.03.14

- Hva går ditt arbeid ut på i forbindelse med fremdriftsplanlegging?

Oppbygning og selve planen

- Med tanke på ulike faser og ulike nivåer, kan du fortelle om hvordan deres fremdriftsplaner er bygget opp?
- Når starter dere planleggingen av de ulike planene?
- Hvordan strukturere og bygge dere opp en fremdriftsplan?
 - Blir det brukt prosjektnedbryting (Work breakdown system)?
- Hva er den største utfordringen ved å lage en fremdriftsplan?
- Hvordan ønsker din bedrift å fremstå når det gjelder fremdriftsplanlegging?
- Hvor levende er deres plan? Kan du for eksempel si hvor ofte dere oppdater den?
 - Noen ganger oppstår det forsinkelser, både selvforskyldt og ikke. Har du et eksempel der dere klarte å møte fristene likevel?
- Hvordan gjennomfører dere ressursutjevning, brukes det mye tid på det?
- Hvordan finner dere varigheten til de ulike aktivitetene?
- Hvordan gjennomfører dere oppfølgingen av planen?

Læring

- Hva mener du at nyutdannede kan for lite om innen fremdriftsplanlegging?
- Hvor viktig mener du det er at studentene kjenner til de teoretiske metodene som for eksempel nettverksdiagram med forward og backward pass.
- Hvor detaljert mener du at et slikt kompendium skal være?
- Du har fått tilsendt disposisjonen for kompendiet, har du noen tilbakemeldinger eller forbedringsforslag?

Har du forslag til andre personer som har mye kunnskap om fremdriftsplanlegging?

VEDLEGG 2

Intervjuguide 12.03.14

- Hva går ditt arbeid ut på i forbindelse med fremdriftsplanlegging?

Oppbygning og selve planen

- Hvordan strukturere og bygger dere opp en fremdriftsplan?
 - Blir det brukt Prosjektnedbryting (Work Breakdown System)?
- Når starter dere planleggingen av de ulike planene?
- Hvordan finner dere varigheten til de ulike aktivitetene?
- Hvordan ønsker din bedrift å fremstå når det gjelder fremdriftsplanlegging?
- Hvor levende er deres plan? Kan du for eksempel si hvor ofte dere oppdater den?
- Noen ganger oppstår det forsinkelser, både selvforskyldt og ikke. Har du et eksempel der dere klarte å møte fristene likevel?

IP og TAKT

- Hva er den største utfordringen ved å lage en fremdriftsplan? Kanskje spesielt med tanke på innredningsfasen?
- Kan du fortelle litt om hvordan dere bruker TAKT-prinsippet?
- Har du noen eksempler der TAKT har fungert veldig bra?
- Hvordan blir ressursutjevningen med TAKT?

Kontrakt

- Fører koordinering med underentreprenører til noen utfordringer? Hvis ja, har du noen eksempler på dette?
- Har du eller din bedrift opplevd konflikter med byggherre eller eier på grunn av uenighet om flyt? For eksempel pålagt ekstraarbeid som har ført til forsinkelser?

Læring

- Hva mener du studentene har mest bruk for å vite når det gjelder fremdriftsplanlegging?
 - Hva mener du at nyutdannede kan for lite om innen fremdriftsplanlegging?
- Hvor viktig mener du det er at studentene kjenner til begreper som for eksempel nettverksdiagram og kritisk vei?

Har du forslag til andre personer som har mye kunnskap om fremdriftsplanlegging?

VEDLEGG 2

Intervjuguide: 25.03.14

- Hva går ditt arbeid ut på i forbindelse med fremdriftsplanlegging?

Oppbygning og selve planen

- Med tanke på ulike faser og ulike nivåer, kan du fortelle hvordan dere strukturere og bygger opp en fremdriftsplan.
- Når starter dere planleggingen av de ulike planene?
- Hvordan estimerer dere varigheten til de ulike aktivitetene?
 - Hvor nøyaktig eller detaljert regner dere dette?
- Hvis dere bruker erfaringstall, hvor er de hentet i fra?
- Hvordan gjennomfører dere ressursutjevning, brukes det mye tid på det?
- Hvordan, og i hvilken grad bruker dere buffere?
- Hva er den største utfordringen ved å estimere fremdrift?
- Hvordan ønsker din bedrift å fremstå når det gjelder fremdriftsplanlegging?

Fremdriftsplanens rolle mellom aktører

- Hvordan bruker dere fremdriftsplanen etter at et prosjekt har startet opp?
 - Bruker dere den til oppfølging?
- Har du eller din bedrift opplevd konflikter med entreprenør eller eier på grunn av uenighet om flyt? For eksempel uenighet om hendelser som har ført til forsinkelser?
- Fører fremdriftskoordinering med entreprenører eller andre aktører til noen utfordringer? Hvis ja, har du noen eksempler på dette?

Læring

- Hva mener du at nyutdannede kan for lite om innen fremdriftsplanlegging?
- Hvor viktig mener du det er at studentene kjenner til begreper som for eksempel ressursutjevning og kritisk vei?

Har du forslag til andre personer som har mye kunnskap om fremdriftsplanlegging?

VEDLEGG 2

Spørsmål til e-postintervju: 23.04.14

Kan du si hva som er fordelene med planlegging i 4D?

Hvilke hindringer må bort før 4D-planlegging kan brukes som et fullgodt verktøy?

Vil 4D-planen fungere som en animasjon hvis det er ønskelig? Slik at man kan se at bygget bygges?

Med et manuelt program som du brukte, hvor mye ekstra tid vil du tro at går med på å lage 4D-planen?

På hvilket tidspunkt vil det være naturlig å utvikle 4D-planen? Eller lages den litt etter litt etter hvert som prosjektet planlegges?

Når du laget 4Den, så regnet du ut varighetene på nytt før du koblet de til de ulike elementene. Hvorfor var dette nødvendig? Kunne du ikke ha tatt varighetene fra fremdriftsplanen?

Du nevnte et problem med at en innvendig vegg består av bindingsverk, isolasjon og gips, og at i BIM-modellen tegnes veggen bare som en samlet vegg noe som blir problematisk for 4D-simuleringen. Vet du om dette fortsatt er en problemstilling?

Hvordan kan 4D-modellen brukes til oppfølging?

Veiledning: 25.04.14

Jeg må nødvendigvis ha med noen definisjoner, så har jeg lest et par av de kompendiene du har gitt ut, og der står det litt om planleggingsgrunnlaget. Er det lurt å ha med?

Du har definert årsaker til usikkerhet ved planlegging: planleggingsproblemet, avklaringsproblemet og avklaringsproblemet. Er det naturlig å ha med noe slik, eller er det for teoretisk?

Du har skrevet om trinnvis-prosessen. Tror du det er nødvendig å gå gjennom alle trinnene i et sånn type kompendium? Eller er det nok å skrive om metoden?

Har du noe tips om noen bilder eller illustrasjoner som kunne ha vært med?

Er det noe annet du mener at er viktig å få frem?

VEDLEGG 2

Intervjuguide: 28.04.14

- Hva går ditt arbeid ut på i forbindelse med fremdriftsplanlegging?

Oppfølging

- Hvordan gjennomfører dere oppfølgingen på et prosjekt?
- Hvis det avdekkes avvik mellom planen og virkelig fremdrift, hva blir da deres oppgave?
- Hva er den største utfordringen ved å følge opp en fremdriftsplan?
- Hvordan ønsker din bedrift å fremstå når det gjelder fremdriftsplanlegging og oppfølging? Har dere for eksempel spesielle metoder?
- Hvor ofte opplever du at det er vanlig å oppdatere fremdriftsplanen?
- Har du opplevd at entreprenøren har prøvd å skjule opplysninger ved å for eksempel gi dere en mer forenklet fremdriftsplan eller en fremdriftsplan med ”sene startdatoer” (altså mindre slakk)?

Kontrakt

- Hvordan brukes fremdriftsplanen i forhold til entreprenøren? Hva er kontraktsfestet? Har dere byggemøter? Noe annet?
- Har du opplevd forhandlinger eller diskusjoner med en entreprenør om fristforlengelse?
- Har du opplevd at det noen gang har vært konflikter om eierskapen til flyten? For eksempel at det kommer en endringsordre som påvirker fremdriften.

Generelt

- Hvorfor er fremdriftsplanen så viktig?
- Hvor detaljert mener du at et kompendium om fremdriftsplanlegging skal være?
 - Hva er viktig å få med?

VEDLEGG 2

Intervjuguide: 09.05.14

- Hva går ditt/deres arbeid ut på i forbindelse med fremdriftsplanlegging?
- Hvilken entreprisform er brukt på dette prosjektet?
- Hvorfor er det viktig å planlegge?

Oppbygning og selve planen

- Hvordan strukturere og bygger dere opp ukeplanen? Altså den planen som ser på perioden 2-4 uker frem i tid.
- Hvordan finner dere varigheten til de ulike aktivitetene?
- Hva er den største utfordringen ved å lage en ukeplan?
- Hvor levende er deres plan? Kan du for eksempel si hvor ofte dere avstemmer og oppdater den?
- Hvordan gjennomfører dere ressursutjevning, og brukes det mye tid på det?
- Hvordan, og i hvilke grad bruker dere buffere?
- Hvor viktig er det å holde fremdriftsplanen og endelig sluttdato?
- Har du/dere vært borti planer som har vært vanskelige å lese eller å forstå? Hva var her problemet?

Ip og takt

- På hvilke måte har planlegging forandret seg etter innføringen av IP?
- Har dere deltatt på et prosjekt med takt? Hvis ja, på hvilken måte har planleggingen forandret seg etter innføringen av takt?

Kontrakt

- Fører koordinering med underentreprenører til noen utfordringer? Hvis ja, har du noen eksempler på dette?
- Hvordan brukes fremdriftsplanen i forhold til byggherren? Hva er kontraktsfestet? Har dere byggemøter? Noe annet?
- Har du eller din bedrift opplevd konflikter med byggherre eller eier på grunn av uenighet om flyt? For eksempel pålagt ekstraarbeid som har ført til forsinkelser?

VEDLEGG 3

Spørreundersøkelse

1. Hva kunne du om fremdriftsplanlegging fra før du tok dette faget?

- Noe fra sommerjobb, men ikke detaljert.
 - Sett noe på fremdriftsplan i forbindelse med sommerjobb, men ellers svært lite.
 - – Viktighetene av en fremdriftsplan – kritisk for stor prosjektvirksomhet
 - – Slurv med fremdriftsplanlegging kan få ringvirkninger som gir økte kostnader
 - – Hvilke verktøy som ofte brukes til fremdriftsplanlegging
- Jeg kjente til det meste fra før, både gjennom sommerjobb og ved å tenke logisk rundt hvorfor man planlegger prosjektvirksomhet.
- Relativt lite, Det snakkes i mange fag og hvor viktig det er og tidvis også ting du må tenke på, men vi har fått lite innsikt i hvordan det fungerer i praksis (se og jobbe med ekte planer).
 - Lite
 - Litt
 - Laget en fremdriftsplan i org.øk, men det begynner å bli en stund siden. Har vært ute på byggeplass en sommer, så har litt praktisk erfaring derfra.
 - Mye
 - Har hatt litt om det i andre fag tidligere, men følte ikke jeg kunne så veldig mye fra før.
 - Hadde litt erfaring med bruk av MS Project og har satt opp enkle og grove planer for byggeprosjekter tidligere. Visste at det fantes planer med forskjellige detaljnivå. Har vært lite dekket i pensum i tidligere fag.
 - Kunne gjøre noen antakelser etter egne erfaringer fra byggebransjen. Visste hvordan en fremdriftsplan så ut. Ellers lite kunnskap.
 - Prinsippet

2. Hva var den største utfordringen med å lage fremdriftsplanen till Børsa Skole?

- Lite litteratur på emnet. Få av studentene har kunnskap om hvor lang tid forskjellige arbeidsoperasjoner tar å utføre. Mye er basert på antagelser.
- Å beregne tid for alle aktiviteter, og ikke minst vite hvilke aktiviteter som hører med hvor, og hvilke man må ha med.
- Å vite hvor lang tid forskjellige jobber tar, og hvor mange som er naturlig å ha på jobben, var svært vanskelig. Det ble ren gjetting på mange av områdene. Referanseprosjekter og samtaler med fagarbeidere vi i gruppa kjente ga tvetydige svar.

Eks: Hvor lang tid bruker et tømrerlag på å isolere 500 kvm. innvendig vegg.

- At vi aldri har gjort det før, og det ikke fantes noe å støtte seg på. Det var mye følelse av gjetting, og jeg er litt usikker på hvor mye jeg lært av det. Vi lagde jo en fremdriftsplan, men jeg har ingen anelse på om (for eksempel) ti dagene vi satte av til en arbeidsoppgave egentlig burde vært to måneder.

Vi fant flere fremdriftplaner på nett (og delvis i forelesninger), men da vi ikke visste hva som skilte det prosjektet fra vårt var det vanskelig å gjøre helt fornuftige antakelser

VEDLEGG 3

- Lite tilgjengelig informasjon, ikke oversikt over hvordan det egentlig så ut, erfaring om typisk tidsbruk for ulike arbeider og mangel på personer(byggherre) som kunne gi konkrete svar.
- å finne erfaringstall på diverse arbeider
- Å vite hvor lang tid tingene tar. For mange av komponentene kunne man finne enhetstider i byggingOffice eller norsk prisbok, men dersom man ikke kunne det, ble det mer gjetting.
- Dårlig tegningsgrunnlag. Uklare retningslinjer.
- Største problemet var å få til dataprogrammet vi skulle bruke. Det var heller ikke enkelt å estimere og begrunne varigheten til de ulike aktivitetene.
- Største utfordringer lå i å kjenne til aktiviteter og tilhørende varighet til tekniske entreprenører og typiske underentreprenører. Kunne også være fordelaktig å hatt tilgang til nøkkeltall (enhetstid (timeverk/kg)) de ulike bedriftene bruker når de beregner anbud. F.eks. at man bruker 0,01 tv/kg armering når man skal armere dekker. Var også litt lite dekkende pensum om sammenheng og samspillet ved innvendige arbeider da mange aktører er involvert samtidig.
- Å få det til å flyte slik at egen bemanning hadde like mye å gjøre hele tiden. Slik at man stort sett kan beholde samme antall håndtverkere.
- Få det til å stemme logistikkmessig

3. Hva mener du det kunne vært nyttig å ha mer litteratur om når det gjelder fremdriftsplanlegging?

- Mer informasjon om hvordan man på enkle måter kan finne varigheten av ulike arbeidsoperasjoner.
- Det burde foreligge et forslag for tidsberegning for aktivitetene, enten i form av arbeidstimer, størrelse på arbeidslag etc.
Det burde også være flere eksempler tilgjengelige, da det er vanskelig å danne seg et bilde av nødvendige aktiviteter og milepæler uten å ha erfaring fra før.
- -Hjelpemidler for tidsbruk på forskjellige jobber.
-Typiske fallgruver ved fremdriftsplanlegging
-Hvor mye margin man burde planlegge med
-Fremdriftspaner fra andre prosjekter?
-Beskrivelser av detaljeringsnivå (meg bekjent er det ikke vanlig med så detaljerte hovedfremdriftsplaner som de vi lagde i dette faget)
-Håndtering av ferier
- Noen eksempler med forklaringer. Vi lærer lite av å bare se en fremdriftsplan (det har vi sett mange ganger før), vi må også vite hvilke vurderinger og antakelser som ligger bak hvert punkt på planen.
- Fremdriftsplanlegging er en ferdighet som i stor grad krever erfaring og oversikt over byggeprosessen. Erfaring kan ikke litteratur hjelpe med, men oversikt over byggeprosessen går an. Så egentlig litteratur som gir innføring i de ulike arbeidsprosessene, mer en litteratur om selve fremdriftsplanleggingen. Litteratur om fremdriftsplanlegging må i så måte være hvor mange nivå som er lurt å legge seg på, kritisk linje, hvilke oppgaver man skal bryte ned, bemanning tilhørende aktiviteter o.l.
- Alt i forelesningen vi hadde om fremdriftsplanlegging var interessant. Kapittel 9 i Construction Management JumpStart: The Best First Step Toward a Career in Construction Management, av Jackson, B. J. (2010) var veldig nyttig.

VEDLEGG 3

- Siden det for øyeblikket egentlig ikke står noen ting i kompendiet, så blir alt en forbedring..
- Oppdeling av aktiviteter, hvordan man begynner (store poster for så å detaljere? Detaljere fra start? Hvilke avhengigheter er fornuftige? Varigheter? Hvordan finne varigheter? Angi varighet for hovedaktivitet først, for så å gi underaktivitetene varighet, eller la underaktivitetene bestemme hovedaktivitetens varighet?)
- Det kunne vært laget en veileder til dataprogrammet, og det hadde vært fint med mer informasjon om hvordan man skulle finne varigheten til de ulike arbeidene.
- Svart på i forrige spm.
Mer erfaringstall på enhetstid på ulike aktiviteter.
Samspill mellom aktører på innvendige arbeider. (Koordinasjon og oppfølging)
- Vanskelig å svare på. Ser for meg det er enklere å lære ved å prøve selv med hjelp fra personer som er gode fremdriftsplanleggere.
En samling med prosjekter fra virkeligheten der man går gjennom hvilke valg som ble tatt og forklarer hvorfor.
- Noen eksempler, kanskje? Og noe om hensiktsmessig detaljeringsgrad

4. Under er det ramset opp noen av temaene som kommer innunder fremdriftsplanlegging. Angi i hvor stor grad du tror du ville ha benytte litteratur av hvert av disse temaene hvis det var tilgjengelig. «I stor grad» vil bety at du tror du ville ha benytte deg av litteratur om dette for å lage planen, mens «ikke i det hele tatt» vil bety at du ikke ville ha benyttet litteratur om det uansett.

	i stor grad	i noen grad	vet ikke	i liten grad	ikke i det tatt
Prosjektnedbryting (WBS)	16,7 %	50 %	8,3 %	8,30 %	16,7 %
Beregning av varighet	91,7 %	8,3 %	0 %	0 %	0 %
Gantt-diagram	33,3 %	8,3 %	50 %	8,3 %	0 %
Nettverksdiagram	0 %	8,3 %	75 %	8,3 %	8,3 %
Skråstreksplanlegging	0 %	16,7 %	66,7 %	8,3 %	8,3 %
Digitale verktøy	41,7 %	50 %	8,3 %	0 %	0 %
Ressursplanlegging	41,7 %	58,3 %	0 %	0 %	0 %
Oppfølging av fremdriftsplan	16,7 %	75 %	8,3 %	0 %	0 %
Involverende Planlegging	41,7 %	50 %	0 %	8,3 %	0 %
Taktprinsippet	50 %	33,3 %	16,7 %	0 %	0 %
Planlegging i 4D	8,3 %	25 %	50 %	8,3 %	8,3 %
Usikkerhet i fremdriftsplanlegging	33,3 %	50 %	8,3 %	0 %	8,3 %
Fremdriftsplanlegging og kontrakt	16,7 %	50 %	16,7 %	8,3 %	8,3 %