Agnar Johansen
Andreas Dypvik Landmark
Christian Bakke

Optimaltid

Betenkning om sammenhengen mellom tid og kost i byggeprosjekter

Rapport nr. 6

Undrumsdal, Curitiba og Oslo, 01.10.2022

Optimaltid-prosjektet 2020-2024

Involvering av rett kompetanse på rett tidspunkt har stor betydning for offentlige investeringer. Det gir bedre løsninger, lavere driftskostnader og grunnlag for effektiv gjennomføring.

Fremtidens transportsystemer må bli mer bærekraftige og de offentlige midlene må utnyttes best mulig. Dette kan bli resultatet hvis den riktige kompetansen blir engasjert inn i prosjektene på det tidspunktet da deres bidrag har mest å bety for utfallet, samtidig som vi må både ta hensyn til regelverk og andre rammebetingelser. Det er ingen enkel sak å vurdere hva som er rett tidspunkt og det mangler foreløpig en systematikk for dette.

Optimaltid-prosjektet skal utvikle en slik metode og prøve den ut i fem ulike prosjekter for å dokumentere effekten. Arbeidet krever ny kunnskap om virkningen av tidlig involvering av partene. Den resulterende metoden skal gjøres tilgjengelig gjennom et verktøy eller en veileder som hjelper offentlige utbyggere å vurdere riktig tidspunkt for å engasjere entreprenørkompetansen i infrastrukturprosjekter.

Optimaltid-prosjektet støttes av Norges forskningsråd (NFR p. nr. 309726) gjennom programmet Transport 2025. Prosjektet eies av Statens vegvesen. I tillegg består konsortiet av Nye Veier, Bane NOR, Bodø kommune, Veidekke og WSP. NTNU er akademisk partner og står for metodeutviklingen, mens Prosjekt Norge er kanalen som gjør informasjonen lett tilgjengelig.

Sammendrag

Denne rapporten ser vi begrepet «optimaltid», gjennom å definere hva optimaltid og varighet er for prosjektledelsens-, brukers- og eier av deres perspektiver. Vi har fokusert på tidsbruk i slutten av prosjektutviklingsfasen og gjennom byggefasen. Hvor vi ser spesielt på sammenhengen mellom tid og kostnad i byggefasen.

Denne rapporten ser på hvordan man bør gå frem for å finne «optimaltid» og hva det innebærer å levere på «optimaltid». Videre ser vi på når det er formålstjenlig og mulig å si noe rimelig fornuftig om hvor lang tid et prosjekt bør ta.

Gjennom å studere prosjekteksempler har vi identifisert et forhåndstall, høyeste omsetning per måned mot laveste omsetning per måned. Dette ble utført gjennom å studere prosjekters omsetningsprofil og brukt forbruksrate (dvs hvor mye et prosjekt typisk omsetter i kr pr mnd som et «fartsmål» i byggefasen. Dette forhåndstallet kan brukes som et tidligsignal på om planen er tilstrekkelig robust, men kan ikke brukes som en bestemmende faktor hvor mye tid prosjektet reelt sett vil bruke på de ulike fasene i prosjektforløpet.

Studiens viktigste hovedresultater:

Forståelse av tidskritikalitet og behov for urgency er sentralt for tiden man får på prosjektet.
Urgency – dvs. hvor fort en aktør trenger resultatet av prosjektet, betyr svært mye for hvordan man velger å gå inn i tema «optimaltid». Hvor raskt man trenger resultatet betyr ofte mer for fastleggelse av tiden i tidligfasen enn en reelt gjennomtenkt og bearbeidet tidsplan som i realiteten ofte ikke kommer på plass før noe inn i byggefasen.

Varighet fastlegges tidlig, før man reelt sett vet hva som er realistisk og optimalt
Både byggherren og entreprenør tenderer til å lage de første vurdering av varighet basert på relativt grov vurdering av hvor lang tid man vil trenge på de ulike fasene og kontraktene – dvs ofte før disse er planlagt i detalj. I mange tilfeller vet egentlig hverken byggherren eller de som skal bygge om tiden som er realistisk, om den er kostnadsoptimal eller hvor mye man reelt sett må evne å omsette for at man skal få prosjektet ferdig til den avtalte tiden.

Omsetning over byggefasen er sjelden jevn
SpeedUp prosjektet viser at ett gjennomsnittlig byggeprosjekt i Norge omsetter for 20-25 millioner per måned. Hvis man har en gjennomsnittlig omsetning på 20 millioner pr måned og skal bygge noe som koster 480 millioner vil det ta ca 2 år. Med denne reelle omsetningstakten vil i realiteten være tidvis langt lavere og langt høyere enn dette i byggefasen. I realiteten vil de fleste prosjekter ikke ha jevn omsetning hver måned- de vil i startene og slutten omsette langt mindre enn 20 millioner og i periodene hvor man har størst belastning måtte omsette langt mer.

Forhåndstall kan gi en indikasjon på hvor mye som kan og bør omsettes.
Dataene vi har samlet inn fra prosjekter viser at omsetningen i byggefasen har et forhåndstall, på 4:1 mellom omsetningsnivå i en «høyomsetningsmåned» mot en «lavomsetningsmåned». For å kunne gjennomføre prosjektet optimalt, må prosjektet derfor rigges slik at det kan håndtere omsetninger på tre til fem ganger høyere enn lavomsetningsmånedene i de travleste periodene. Samtidig må prosjektet ha en funksjonell organisering for de periodene som har til dels betydelig lavere omsetning. Allerede på et tidlig tidspunkt kan bør man periodisere omsetningstallet og spørre seg selv hvordan byggherreorganisasjonen ville respondere om den månedsomsetningen blir økt med 3 til 5 ganger det man antar som månedsgjennomsnittet hvis man antar en et mer eller mindre jevnt kostnadspådrag over hele prosjekt perioden.

Et prosjekt som er optimalt er et prosjekt hvor man bygger så raskt som mulig når det er behov for det (urgency), samtidig som man ikke går på akkord med sikkerhet eller kvalitet. Kortere prosjektgjennomføring gir lavere tidsavhengige kostnader og uendret volumavhengige kostnader.

Denne rapporten er basert på et lite utvalg av prosjekter. Det vil være hensiktsmessig å få et større datagrunnlag for å kunne verifisere resultatene. Videre er vi av den oppfatning at det kan være en sammenheng mellom antall grensesnitt / kontrakter og optimal gjennomføring av prosjekter. Det vil derimot kreve mer forskning for å verifisere hvor robust tilnærming med forhåndstall er for store komplekse prosjekter. Det kan også være en relevant problemstilling å vurdere om forhåndstall metodikken kan brukes på likviditetsvurdering av byggefase.

Innholdsfortegnelse

1 Motivasjon: hva mener vi med «*optimaltid*»? 1
1.1 Bakgrunn 1
1.2 Illustrasjon av noen av utfordringene til setting av optimaltid på en prosjektplan 2
1.3 Hvordan finner vi frem til «optimaltid»? 3
1.4 Data og metode 4
2 Sammenheng mellom tid og kostnad i byggefase 5
2.1 Hva påvirker tiden man bruker på selve byggefasen 5
2.2 Optimal varighet vs optimaltid 6
2.3 Fordeling av kostnader over prosjektforløp 13
2.4 Forbruksrate som fartsmål i byggefasen 15
2.5 Illustrasjon av ulike omsetningsprofiler 17
2.6 Hvorfor er et forholdstall interessant? 20
3 Hvordan anvende denne innsikten i tidlig tidsplanlegging? 21
3.1 Erfaringer fra Campus Ås og Prosjekt Nytt Nasjonalmuseum 21
3.2 Forenklet evaluering av NTNU Campus prosjektplan 23
3.3 Varigheten basert på omsetningstakt 23
3.4 Vurdering av tidsplanen til Campus NTNU 25
4 Læringspunkter for å fastsette varighet på komplekse prosjekter 28

1 Motivasjon: hva mener vi med «*optimaltid*»?

I dette kapittelet ser vi på bakgrunnen for denne rapporten. Videre illustrerer vi noen av utfordringene til en prosjektplan, vår definisjon på «optimaltid» og prosjektmodellen vi legger til grunn i denne rapporten. Avslutningsvis kommer vi kort inn på data og metoden bak rapportens dataunderlag.

Bakgrunn

Denne rapporten er forfattet som et konkret innspill til prosjektet Optimaltid. Grunnlaget for rapporten er resultater og tankegods bygget opp på tvers av mange forskningsprosjekter, men vi velger likevel å nevne forskningsprosjektet SpeedUp[1] (avsluttet 2018) hvor deler av dette tankegodset har blitt studert. SpeedUp var et forskningsprosjekt med fokus på forkortelse av plan- og gjennomføringstid på store prosjekter. I dette forskningsprosjektet ble det det blant annet samlet inn tids- og kostnadsdata fra et stort antall bygg, anlegg og forsvarsprosjekter. Dette ble gjort for å finne ut hva som påvirker lengden av plan og byggefasene, og for å finne ut hva som egentlig må til hvis man ønsker å få redusert varigheten på store prosjekter ned til det halve.

I dagligtale bruker vi ofte ordet optimal – uten at vi kvalifiserer hva slags type optimal. Generelt sett så mener vi da noe som er best mulig gitt fornuftige begrensninger – rent matematisk kan man også demonstrere at noe er *optimalt* – ved at man beviser at det ikke finnes andre løsninger som er bedre, gitt begrensningene man gir. I denne rapporten bruker vi primært den folkelige formen, altså noe som er «best mulig» med hensyn på tid eller kostnad, men ikke at det nødvendigvis er det absolutt beste.

Hovedfokuset i rapporten er på byggefasen. Det er i den fasen kompleksiteten relatert til koordinering av aktiviteter er størst, med et stort antall koblede og gjensidig avhengige aktiviteter som må koordineres og tilpasses for at bygget skal komme i mål på optimaltid. Forskningen fra SpeedUp-prosjektet viste at det er mange forhold som påvirket den planlagte varighet på planleggings- og byggefasen. Disse forholdene inkluderer behov for resultatet (urgence), tilgang på ressurser, byggemetoder, vilje og evne til å jobbe i parallell, nok ledelsesressurser slik at en får tatt beslutninger rett-tidig og så raskt som mulig, i tillegg til hvor oppmerksom prosjektorganisasjonene var på om de jobbet med *lav, medium eller høy omsetning* i prosjektets ulike faser.

Ordene komplisert og komplekst brukes ofte om hverandre for å beskrive oppgaver eller aktiviteter som er krevende eller vanskelig å utføre. Når noe er komplisert er det ikke åpenbart hva som er det beste eller det rette valget og det er heller ikke gitt at man det finnes en åpenbar «beste løsning». Typisk vil et komplisert problem være vanskelig å løse, i alle fall første gang, men når det er løst så er det mulig å se hvor god løsningen var. Dette er i motsetning til problemer som er *reelt* komplekse. Kompliserte problemer bør man stykke opp, og forhåpentligvis dermed redusere hvor vanskelig de er å løse. Det kan man ikke for komplekse problemer, hvor én av kjennetegnene ved kompleksitet er nettopp at det er gjensidige avhengigheter som gjør at det er vanskelig. Et system omtales gjerne som komplekst dersom helheten har andre egenskaper enn det man ser ved å se på delene.

[1] SpeedUps nettside: http://v1.prosjektnorge.no/index.php?subsite=speedup

Byggeprosjekt har mange av kjennetegnene til komplekse adaptive systemer (Cilliers, 1998), hvor delene også tilpasser seg og selv-organiserer som en respons til omgivelsene. Samtidig har byggeprosjekt stort sett også aktiviteter som bare er kompliserte, bare komplekse eller begge deler.

I SpeedUp ble det belyst at estimater for prosjekter er relativt elastiske (Johansen, Landmark, et al., 2016). Elastisitet er et konsept fra økonometri, som per definisjon er et mål på hvor sensitivt utfallet av en variabel (for eksempel etterspørsel) er for en endring på en innsatsfaktor (som for eksempel pris). Et klassisk eksempel vil være hvis prisen på en vare går opp 10%, hva skjer med etterspørselen. Hvis varen har priselastisitet på -0,5, så vil en 10% økning i pris, medføre en 5% *nedgang* i etterspørsel. Dette gir oss et verktøy hvor man kan beskrive *hvor* mye ulike forhold påvirker hverandre. Man kan også eksempelvis snakke om elastisitet mellom størrelsen på et bygg og byggetid. Hvis dette var perfekt elastisk, så ville et bygg på 2000 kvadratmeter automatisk medfører dobbelt så lang byggetid som et på 1000 kvadratmeter (altså en elastisitet på 1,0). Slik er det sjeldent, fordi elastisiteten ikke er 1-til-1. En 100% økning i bruttoareal vil typisk bare medføre en liten endring i byggetid – fordi man ikke vil produsere 2000 kvadratmeter på samme måte som man ville produsere 1000 kvadratmeter. Det er med andre ord en elastisitet mye nærmere null, altså at en økning i bruttoareal på 100% medfører kanskje bare 10% lengre byggetid (altså en elastisitet på 0,1). Det å komme nærmere et begrep om hva denne elastisiteten er, er vesentlig når man skal dimensjonere et prosjekt for tid.

Da SpeedUp gjennomførte intervjuer med prosjektledere ble de bedt om å estimere varighet på et byggeprosjekt og svaret var forbausende ofte – «det tar 2-2 ½ år bygge dette prosjektet» nesten uavhengig av størrelse (altså perfekt inelastisk). Dette ble ofte nedfelt i kontrakten med rådgivere og entreprenører, som igjen medfører at de dimensjonerer tiden i henhold til dette. Da er det også typisk at resultatet blir at varigheten ble 2 – 2 ½ år uavhengig av prosjektets kompleksitet. Men var dette et riktig og fornuftig estimat? Var dette den *optimale tiden* for byggeriet? Det hadde de færreste av prosjektlederne som vi intervjuet et godt svar på eller forhold til.

Det andre problemet vi støtte på var at selve estimatet av varigheten fremsto som relativt tilfeldig og usystematisk. Når vi spurte de samme prosjektlederne «hvordan har dere kommet frem til 2 ½ år?». Var svaret typisk «vi har sett på tilsvarende bygg og hvor lang tid det tok» eller «vi spurte en erfaren byggeleder og han mente at 2 til 2 ½ år burde holde».

Når vi så spurte «mener du at 2 ½ år er raskt» og «tror du det blir travelt i prosjektet» var svaret nesten alltid JA på begge spørsmålene. Vår tolkning er at det er høyst reelt at prosjektleder opplever at det er travelt, men det betyr ikke nødvendigvis at prosjektet er planlagt og bemannet ut ifra «optimaltid» for verken bestiller, tid eller kostnad.

Illustrasjon av noen av utfordringene til setting av optimaltid på en prosjektplan

Et byggeprosjekt består av flere kontrakter som igjen brytes ned i mange tusen aktiviteter som henger sammen og påvirker hverandre innbyrdes. Det er med andre ord et komplekst system, som det er komplisert å estimere rett varighet på før man har utført en mer detaljert planlegging av byggets rom, hovedfunksjoner og tekniske løsninger. Eksempelvis så må rom- og funksjonsprogrammet være definert før man går i gang med detaljplanleggingen. Tradisjonelt sier

man at usikkerhet avtar etter hvert som man jobber seg gjennom planleggingsfasen, men det er ikke gitt at kompleksiteten avtar på samme måte som usikkerheten. Det å estimere hvor lang tid man bruker på en aktivitet i prosjekt er i seg selv en komplisert oppgave, siden det er rekke forhold som påvirker svaret: Valg av byggemetode. Hva slags resurser trenger man? Når får man tilgang til jobbstedet? Når får man tilgang på de materialene som trengs? Hvor mange person har vi til rådighet og hvor mange av disse blir allokert til denne aktiviteten? Hva slags arbeidstidsordning blir det lagt opp til? Hvor flinke og motiverte er ressursene? Når får vi tilgang på støtteressurser som kran og lifter? Osv. Tidsplanen for store prosjekt består dermed av en lang rekke av estimater med usikkerheter knyttet til seg – hvor summen av disse aktivitetene utgjør prosjektets tidsplan.

Noe av dette kan røre ved fenomenet kompleksitet som vi nevnte innledningsvis. Tidsplanlegging og estimering av varighet på tusentalls aktiviteter er komplisert.

Hvordan finner vi frem til «optimaltid»?

Det store spørsmålet blir derfor ***hvordan bør man gå frem for å finne «optimaltid?»*** slik at en får satt en varighet som gjør at man får et mest mulig tids- og kostnadsoptimalt prosjekt.

Deretter bør man spørre seg – ***på hvilket stadium er det formålstjenlig og mulig å si noe rimelig fornuftig om hvor lang tid et prosjekt egentlig bør ta?***

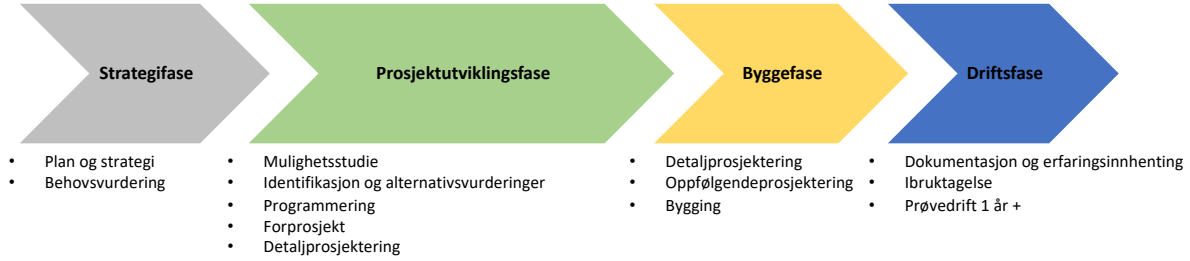
For å svare på disse to grunnleggende spørsmålene må en ha forståelse for hva det er som avgjør eller påvirker hvor lang tid vi trenger på prosjektutviklingsfasen og hvilke forhold som påvirker og avgjør hvor lang byggetiden man egentlig trenger for levere prosjektet på «optimaltid»?

Hva mener vi det betyr å levere på «optimaltid»?

1. Bygg så raskt som mulig når det er umiddelbart behov for prosjektet (urgency), uten at man går på akkord med sikkerhet og kvalitet.
2. Bygge så tidsoptimalt som mulig – ikke for fort og ikke for langsomt. I praksis raskt hvis mulig, for da kommer nytten tidligere (og man får lavere tidsavhengige kostnader, men uendrede volumavhengige kostnader)
3. Sette av nok tid – hvis man estimerer varigheten tidlig, før design og rammer er fastlagt må man erkjenne at man opererer på en plan som er beheftet med stor usikkerhet og at det derfor er behov for tidsbuffer for å håndtere tidsusikkerheten
4. Sett frister og overleveringstidspunkt som gjør at prosjektet har noe å strekke seg etter og gi ikke ut tidsbuffer i alle ledd.
5. *Erkjenn* at tidsplanen er usikker og at man må jobbe med muligheter for tidsbesparelser og tiltak som gjør at man reduserer risikoen for forsinkelser gjennom hele prosjektforløpet – gjør man ikke dette er det beste man kan håpe på at det går som planlagt, eller verre.

I prosjekt sier man gjerne at «tid er penger». Dette stemmer helt klart for byggefasen, 80% til 85% av kostnadene forbrukes i byggefasen og øker tiden ut over «optimaltid» øker også kostnadene. Derfor bør man passe på tiden og varighetene på aktivitetene - dette er mer sentralt for prosjektets sluttkostnad en mange er klar over.

I denne rapporten vil vårt hovedfokus være på tidsbruk innenfor slutten av prosjektutviklingsfasen og gjennom byggefasen (den grønne og gule delen av Figur 1).



Figur 1 Generisk prosjektmodell

Den første fasen (strategifase) i et prosjekt hvor fokuset på konseptvalg, behov og strategi vil i liten grad bli omtalt i denne rapporten. Det samme gjelder prosjektets driftsfase. Heller ikke livsykluskostnader eller optimalisering på andre kriterier – klimagassutslipp, miljø etc. vil bli omtalt i denne rapporten. Vi har videre valgt å ta utgangspunkt i en generisk fasemodell når vi omtaler vår tidsdata. Begrunnelse for dette valget er enkel, det er i praksis ikke en omforent prosjektmodell som brukes i alle bransjer og på alle prosjekt typer.

Data og metode

I denne rapporten benytter vi data fra ulike kilder til å belyse ulike aspekter ved tidsplanlegging i mellomstore og store prosjekter. Dette er en blanding av data fra åpne kilder, hvor vi refererer til kilden, men også til data som er innsamlet gjennom prosjektet SpeedUp og noe som er innhentet spesielt til denne rapporten. SpeedUp samlet inn en rekke ulike varianter av tidsdata, herunder fremdriftsplaner, byggeregnskap, ulike fremdriftsmål og porteføljestyringsdata. I tillegg har vi supplert med noe mer tid/kost data fra en håndfull offentlige prosjekter.

Vi bruker disse dataene til å demonstrere sammenhenger og en tilnærming til å tenke tidsbestemmelse av «optimaltid» ved å regne på en håndfull gjennomførte byggeprosjekter. Nøkkeltall fra disse byggeprosjektene benyttes for å demonstrere sammenhenger og hvordan ellers ganske ulike prosjekter har lignende statistiske sammenhenger. I samråd med de som har utlevert data har vi gjort en skjønnsmessig plassering av start og slutt av byggetid – samt tolket regnskapstall for å komme frem til hvordan pengene er fordelt over prosjektperiodene.

Utvalget av prosjekter er valgt pragmatisk. De er valgt ut fordi vi for disse hadde tilgang til alle forbrukte kostnader over prosjektforløpet - slik at vi kunne med stor nøyaktighet sett opp forbruksrate og forhåndstall for omsetning. Disse casene gir relativt nøyaktige og reelle tall over byggefasens omsetning fordelt pr år og måneder ned på kontraktsnivå. Dette gir dog ingen garantier at funnene fra dette utvalget er representativt for bransjen for øvrig. Utvalget i studiene er relativt store offentlig prosjekt og representerer dermed en er relativt normale prosjekt kategori fra Norge i 2022. Vi har ingen grunn til å tro at utvalget representerer noen ekstremiteter i forhold til tid eller kost. Vi tror heller at den variasjonen vi ser i utvalget – representerer en sannhet om hvor fort eller langsom det går å bygge – det finnes prosjekter som av ulike grunner går fort, og det finnes prosjekter som definitivt har gått på tverke. Imellom vil man finne de «vanlige» prosjektene.

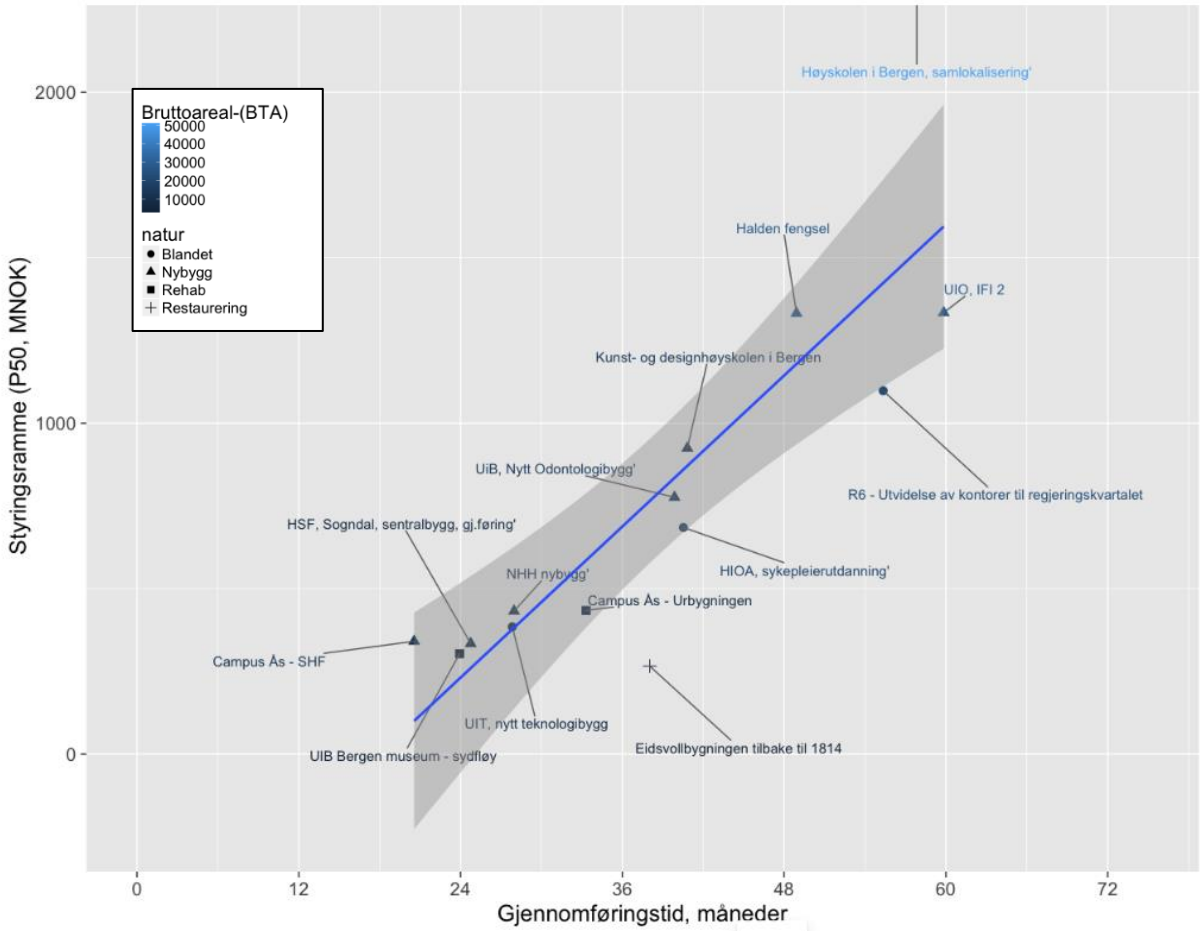
2 Sammenheng mellom tid og kostnad i byggefase

Vi har dette kapitlet oppsummert sammenhengen mellom tid og kostnad i byggefasen.

Videre diskuterer vi hva optimal varighet er for et prosjekt og hvordan optimal varighet kan identifiseres ut ifra prosjektledelsens perspektiv, bruker sitt perspektiv og eier sitt perspektiv. Gjennom å studere eksempler viser vi hvordan kostnader typisk blir fordelt over prosjektforløpet og ser på forbruksrate som et fartsmål i byggefasen gjennom å studere ulike omsetningsprofiler på et utvalg av prosjekter og vurdert de tidsavhengige og tidsuavhengige kostnadene. Avslutningsvis diskuterer vi forholdstallet som kommer av byggefasen høyeste omsetning mot laveste omsetning per måned og hvorfor dette forhåndstallet er av interesse.

Hva påvirker tiden man bruker på selve byggefasen

SpeedUp viste at det var god sammenheng mellom varigheten på byggefasen og prosjektenes evne til å omsette nok penger måned for måned (Landmark & Johansen, 2016), se Figur 2.



Figur 2 Sammenheng mellom styringsramme og gjennomføringstid fra (Landmark & Johansen, 2016)

Ved å analysere Statsbyggs sine store prosjekter mot de mindre prosjektene, fant man: «*Det er nyttig å merke seg at forskjellen mellom effekten av byggetid i disse store og de små prosjektene ikke er enormt stor, men at oppstartskostnad og areal effektene sett opp mot selve gjennomføringsvarigheten er av forskjellige størrelsesordener. Dette kan tolkes dithen at større prosjekter har en annen mulighet til indre fleksibilitet enn de små prosjektene hvor kostnad og tidsstyring henger veldig tett sammen med jobben som skal gjøres, mens for de større prosjektene*

kan det være flere muligheter i form av flere mulige angrepspunkter på bygget pga. størrelsen, eller at man har flere bygningskropper hvor det kan pågå arbeid samtidig.» (Landmark & Johansen, 2016).

Figur 2 viser at varigheten i byggefasen ikke endres betydelig om det er nybygg, rehabilitering eller en blandet bygningsmasse som skal settes opp, det er først og fremst hvor mye penger som skal omsettes i byggefasene som bestemmer varighet på byggefasen (Landmark & Johansen, 2016). Litt enkelt kan man si at dette også betyr: *evner prosjektet å øke omsetning til det dobbelte vil det medføre en betydelig forkorting av varighet på byggefasen*, men bare om man gjør det på de rette delene av prosjektet. Dette er trolig ønskelig fra kundens perspektiv siden nytten kommer tidligere.

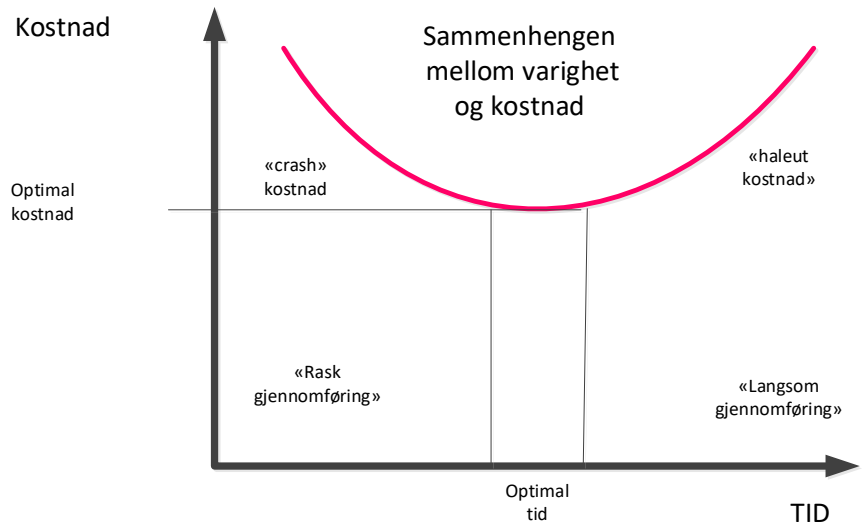
Øker man bemanning eller endre arbeidstidsordning fra et til to skift på en tidskritisk aktivitet vil begge deler føre til at aktiviteten blir raskere ferdig, men hva som er optimalt sett fra byggherren og prosjektledelsens perspektiv handler mer om hvordan man får til å utnytte ressurser og utstyr på en best mulig måte slik at prosjektet blir levert så raskt og sikkert som mulig. «Optimaltid», bør derfor ikke forveksles med «lik fart» på alle aktiviteter eller jevn ressursbelasting over hele prosjektforløpet eller alle mine ressurser sysselsatt hele tiden – **dette gir mest sannsynlig ikke «optimaltid» sett verken fra byggherre eller brukers perspektiv.**

Optimal varighet vs optimaltid

Tid og kostnad krever åpenbart ulik styringslogikk. Hvor kostnader kan utsettes (altså penger som kan settes i banken) og brukes senere, så kan ikke tid på sammen måte «spares til senere" eller utsettes. En kalendermåned uten arbeid tidlig i prosjektet kan ikke uten videre disponer senere og det er gitt at timene vil koste det samme senere i prosjektet. På samme måte kan man jobbe dobbelt så mye i en måned (ofte til en noe høyere kostnad) og dermed «spare tid». I tillegg er matematikken rundt usikkerhet ofte en utfordring, hvis sannsynlighetsfordelingen til et estimat ikke er symmetrisk så kan det fort bli slik at «2+2=5» (Halkjelsvik & Jørgensen, 2022). Altså selv med et estimat på 2 dager, så er det mye mer sannsynlig *hvis man ikke treffer estimatet* at man går over heller enn under. Hvis man legger flere slike aktiviteter etter hverandre, så blir den korrekte forventningsverdien større enn summen av delene. Dette kalles ofte for «summation fallacy» (Halkjelsvik & Jørgensen, 2022).

Vi har valgt å dele kostnader som påløper over prosjektet i *tidsavhengige* og *tidsuavhengige* kostnader, siden dette gir en bedre forståelse av hva som vil øke eller minke hvis prosjektets varighet endres. Hvis man ser bort fra lønns- og prisstigning, så vil noen kostnadsbærere koste tilnærmet det samme uavhengig om man betaler for dem i første, andre, eller tredje år av prosjektet. Det er selve ressursmengden, altså volumet eller omfanget av arbeidet som påvirker kostnaden og ikke om man bruker ett eller to år på for eksempel å støpe. Mens andre aktiviteter, som for eksempel leie av støpevogn, riggplass, ledelse og koordinering henger klart sammen med varigheten – dvs øker vi tiden øker også kostnaden for disse posten. Et annet eksempel på en tidsavhengig kostnadsbærer kan være kostnader knyttet til rigg og drift av en byggeplass, dette er typisk kostnader av typen leie av brakkerigg. I prinsippet er dette en kostnad som er direkte koblet opp mot prosjektets varighet, i form av en månedsleie. Én måned lengre byggetid betyr én måned mer leie, og motsatt, en måned kortere betyr penger spart.

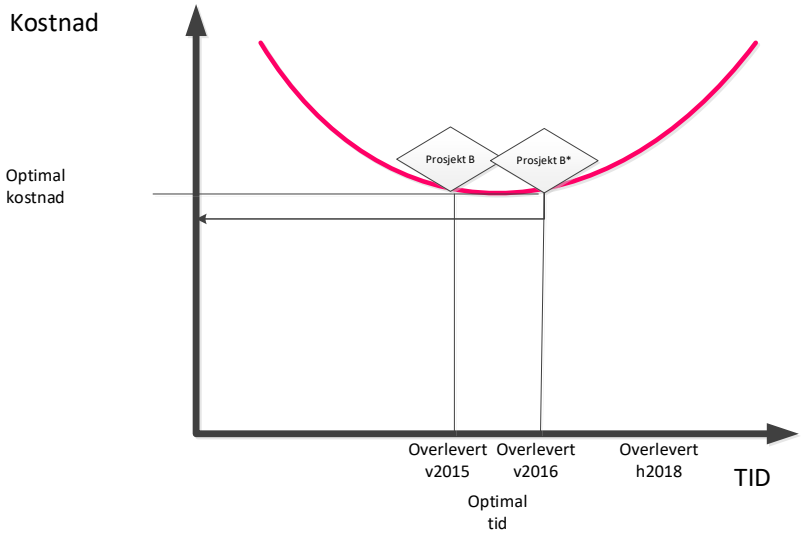
Tidsuavhengige kostnader derimot vil typisk være materialer eller andre innkjøp, eksempelvis så er kostnaden til innkjøp av betong i et byggeri primært avhengig av *mengden (volumavhengig)* og ikke avhengig av hvor fort eller sakte det støpes. Det er også deler av bemanningen som kan betraktes som tidsuavhengig. En del av bemanning er tidsdrevne (typisk prosjektledelse som lønnes etter medgått tid og følger prosjektet kalendermåned for kalendermåned), mens bemanning relatert direkte til produksjon (tømrer, elektriker, osv.) er derimot sterkt avhengig av volumet som skal produseres. Hvis det tar 100 timer å bygge forskaling, så koster det egentlig det samme om det er en eller fire personer som bygger, gitt at det er like produktive, mens kalendertiden for operasjonen vil være henholdsvis 12,5 dag (en mann i 8 t dag) eller 3,125 dager (4 mann 8 t pr dag). I prosjektteoriene sier man at kostnad og tid påvirker hverandre innbyrdes og at det finnes en sammenheng mellom kostnad og tid som vist i Figur 3.



Figur 3 Sammenheng mellom varighet og kostnad - "optimaltid" – varighet diktere av en ytre eller indre premiss

Hvis et prosjekt kjøres svært komprimert viser reelle erfaringstall at mange prosjekter opplever en «crash kostnad». Dette er typisk økte kostnader relatert til koordinering og unødig timeforbruk fordi ressursene ikke får jobbe optimalt. På den andre siden ser man at kostnadene også øker (unødig) hvis prosjektet gjennomføres *for* langsomt - da viser empirien at kostnader som er strengt tidsavhengige, men relativt volumuavhengige, (som f.eks. ledelse- og riggkostnader) fortsetter å løpe med samme takt selv om byggeriet ikke skrider frem.

Figur 4 antyder også at det dermed må finnes en «optimaltid» hvor man bygger kostnadsoptimalt. Sett fra prosjektleders ståsted som er ansvarlig for tid og kost, handler «optimaltid» om finne en varighet som er - «ikke for rask, men heller ikke for langsom, akkurat passe». Hvis man aksepterer formen på kurven, så er det viktig å merke seg et sentralt poeng, innenfor én kostnad så vil det alltid være to (eller flere) tider som vil kunne gi samme kostnad. Selv om man strengt minimerer kostnad, så vil det typisk være et spenn i tid med marginal endring i kostnad (se Figur 4).



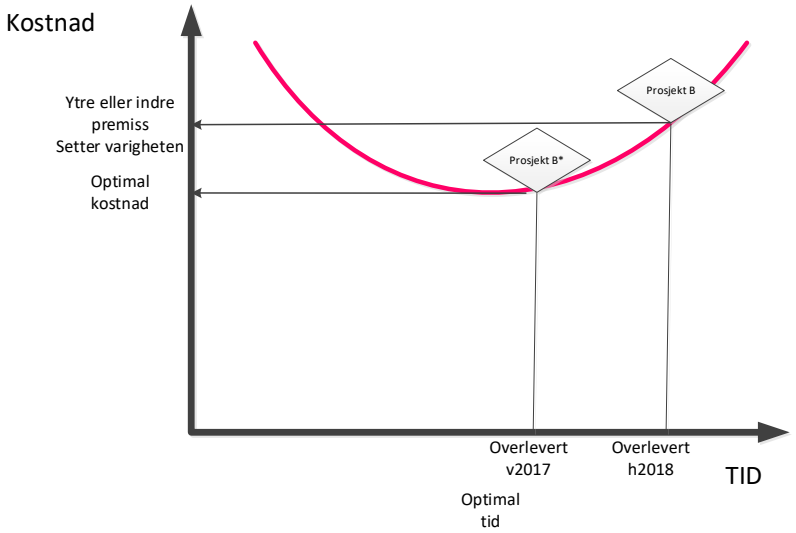
Figur 4 Optimalt for bruker eller optimalt for prosjektet ledelsen?

Det er ikke enkelt å velge strategi her, da det ligger en målkonflikt her: For bruker er det sjelden optimalt å få prosjektet ½ til 1 år senere, men sett fra prosjektledelsens perspektiv vil man typisk forsøke å ha best mulighet for å lykkes (Johansen, Eik-Andresen, et al., 2016). I et perspektiv hvor det er viktig å *redusere usikkerhet knyttet til tid* er det rasjonelle valget å velge det *lengste* tidsestimatet for samme kostnad satt av indre premisser (egeninteresse) (se Figur 4). Dette gir størst buffer mot eventuelle negative overraskelser.

I noen særtilfeller er det derimot ytre eller indre premisser som setter varigheten og dermed «styrer» overleveringstidspunkt på et prosjekt:

- «brua må være klar 05/06/07» fordi da skal to konger markere 100 årsjubileum for unionsoppløsningen»
- «hoppbakken og anleggene må være klar til prøve VM-2011, et år før vi skal arrangere VM i Nordisk grener i 2012»
- «den videregående skolen må stå ferdig til skolestart i 2022, fordi vi vet at det kommer tre store elevkull fra tre ungdomsskolene»,
- «sykehuset må stå ferdig i 2029, fordi de gamle sykehuset er solgt og skal rives. Området hvor det gamle sykehuset står skal brukes til leiligheter, som igjen skal finansiere det nye sykehusbygget»

De fire eksemplene i listen over velger vi å omtale som en egen «klasse» tidsstyrte prosjekter fordi ferdigtidspunktet mer elle mindre dikteres og defineres av en sterk ytre eller indre føring. Det er likevel ikke gitt at varigheten er optimal og ei heller at varighetene som er gitt gjør at et prosjekt reelt sett har lite eller dårlig med tid, se Figur 5. Det kan også bety at den dikterte tiden ligger til høyre for den optimale, som illustrert, at det totalt sett vil være *billigere* å levere prosjekt tidligere.

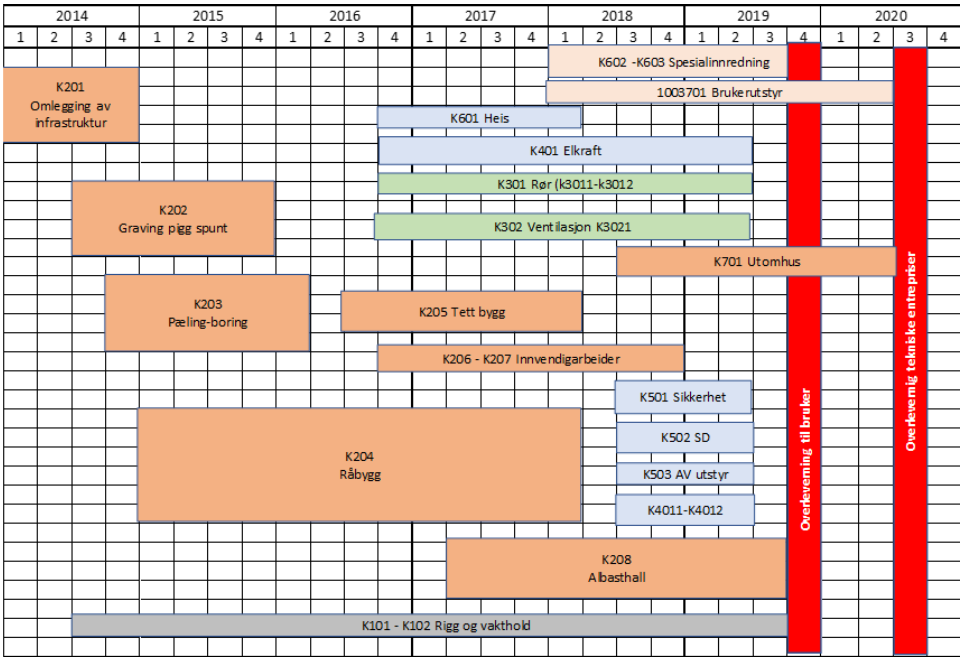


Figur 5 Varighet satt av en ytre eller indre premiss

Poenget med å omtale disse som særtilfeller er at varigheten er overstyrt av de ytre premissene. Dermed innretter man tiden og varighetene på å planlegge og bygge etter den «ytre premissen». Logikken er «vi må blir ferdig til avtalt tid, *ikke før og ikke etter*» og det betyr også at varigheten som settes først og fremst er optimal ut fra bestillers opplevde behov, og varigheten er ikke optimalisert ut fra et kostnadsperspektiv eller utførende perspektiv. Noe som igjen betyr at tiden og overleveringspunktet nødvendigvis ikke er satt ut ifra en balansert forståelse av «optimalitet» - verken rent tids- eller kostnadsmessig.

Når man skal fastlegge tiden til et prosjekt er det prinsipielt tre teknikker eller tilnærminger som benyttes: Foroverplanlegging med suksessiv replanlegging, bakoverplanlegging og «last planner» prinsippet.

Det første prinsippet er å bryte prosjektet opp i faser med tilhørende leveranser og milepæler som igjen legges ut i tid som kontrakter med en viss varighet – som vist i Figur 6



Figur 6 Forenklet versjon av kontrakter fordelt over byggefasen på museumsprosjektet

Ved en slik tilnærming gjør man en relativt grov vurdering av hvor lang tid hver kontrakt kan ta i prosjektutviklingsfasen – og så gjøre man ytterliggere detaljering av aktivitetene sammen med entreprenør når de kommer inn i prosjektet. Metodisk gjør man da en form for foroverplanlegging, ved å estimere hvor lang tid hver kontrakt tar. Ved foroverplanlegging er ikke sluttdatoen et fast premiss i motsetning til bakoverplanlegging. Varigheten og sluttidspunktet er basert på en grov vurdering av hvor lang tid hver fase og kontrakt tar. Målet er å definere tiden på en slik måte at man får nok tilbydere til hver kontrakt og få til en tidsplan som alle parter mener lar seg gjennomføre. Varigheten på byggefasen er da lengden på den kritiske veien gjennom nettverket (Rolstadås et al., 2020).

Den andre tilnærming som benyttes for å lage en tidsplan omtales gjerne som «bakoverplanlegging», når må aktivitetene være ferdig for å nå fristen. Da er sluttdatoen satt av kunden eller oppdragsgiver som et mer eller mindre fast premiss. Dette er basert på et behov eller basert på en skjønnsmessig vurdering av hvor lang byggetid prosjektet *bør ha eller når det må tas i bruk* da sett fra oppdragsgivers ståsted. Jobben til entreprenørens planleggere består i å lage en optimal plan som gjør at de når fristen som er gitt av kontrakten. Ber kundene om at detaljprosjektering skal være ferdig om 6 måneder eller at bygget skal være ferdig til innflytting om 2 ½ år jobber rådgiver og entreprenør seg gjennom alle aktiviteter som de mener må løse bakfra. Deretter gjør man en vurdering av hvor mange ressurser som må til for at man skal nå de fastlagte leveransene som er gitt av kontraktene man har inngått. Målet er da å lage en «realistisk plan» hvor man leverer til avtalt tid.

Den tredje varianten som også brukes, av noe nyere opprinnelse, omtales gjerne som «last planner» og har sitt utspring fra Lean construction miljøet (Kalsaas, 2017). Metoden oppsto på 90-tallet da Glenn Ballard i en større undersøkelse dokumenterte at ca. halvparten av aktivitetene i tidsplanen på byggeprosjekt ikke klarte å levere på avtalt tid. *«Tankesett i Lean Construction innenfor rammen av «Last Planner system» har hovedfokus på tilstrebe forutsigbar flyt i produksjon. Det vil si legge*

til rette for at arbeidet glir godt mellom forskjellig fag. Som ofte utføres av uavhengig bedrifter innen elektro, rør ventilasjon, maler, blikk etc. som kontraheres av hovedentreprenør. «Å flyte godt» vil si at aktiviteten utføres i riktig rekkefølge, det vil si fundert på en god metode, uten vesentlig venting, riktig utførelse første gang etc.» (Kalsaas, 2017).

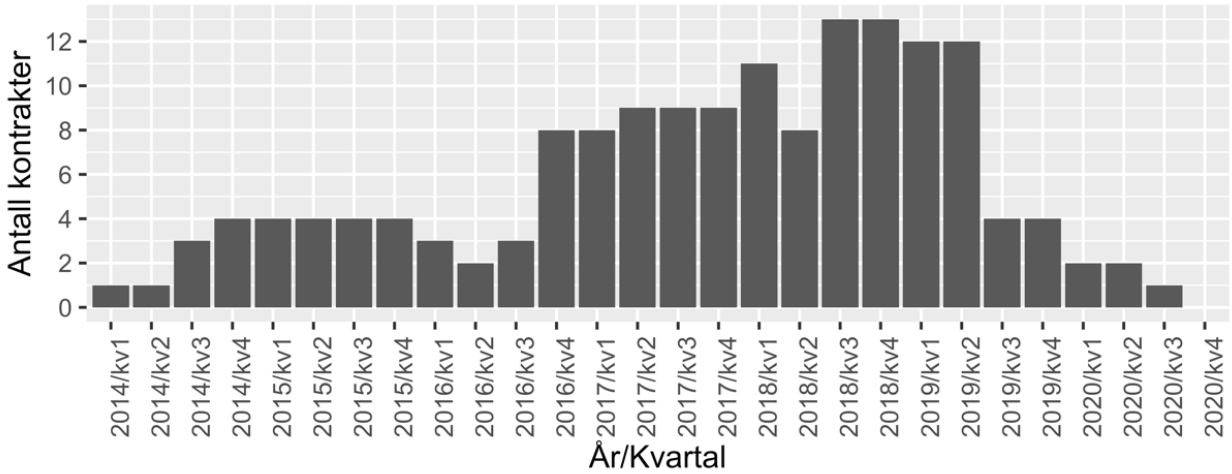
«Last planner», som også omtales som *involverende planlegging* eller *trimmet bygging* i Norge, brukes i utgangspunktet av entreprenørene for å lage gode og sunne planer for byggefasen. Metodene består av 5 plan-nivåer som bør lages for å få oversikt over tidsbruken i byggefasen: *hovedplan* og *faseplan* basert på prosjektets mål. *Utkikksplan* som beskriver alle aktiviteter 6-9 uker frem i tid, tre ukers *arbeidsplan* og *lagsplan* – som beskriver når alle fag skal komme inn i prosessen. De tre sistnevnte rulleres og oppdateres typisk ukentlig. Gjennom slike planer håper man å få mer involvering som igjen gir bedre planer og forpliktelse som gir bedre styring.

Alle de tre metodene vil lede til en form for tidsplan som det er mulig for partene å bli omforent om. I alle tilfeller starter man relativt grovt på fase eller kontraktsnivå og detaljerer først ut aktivitetene når man nærmer seg rent tidsmessig. Hovedforskjellen ligger på hvem som legger de første føringene og hvem som bestemmer hva som er «optimaltid» på hovedplan og faseplan nivå.

Alle tre metoder kan ende med de samme varigheten og den samme forståelse av tidsfrister på et overordnet nivå dvs hovedplan og faseplan nivå. Det er viktig å legge merke til at også Last planner tar utgangspunkt i byggherrens hovedplan og faseplaner – og den sistnevnte metoden har først og fremst sin styrke i å skape flyt i produksjon og kommer først og fremst til sin rett når man har kommet relativt langt i å beskrive design og løsninger, dvs når byggefasen startes opp.

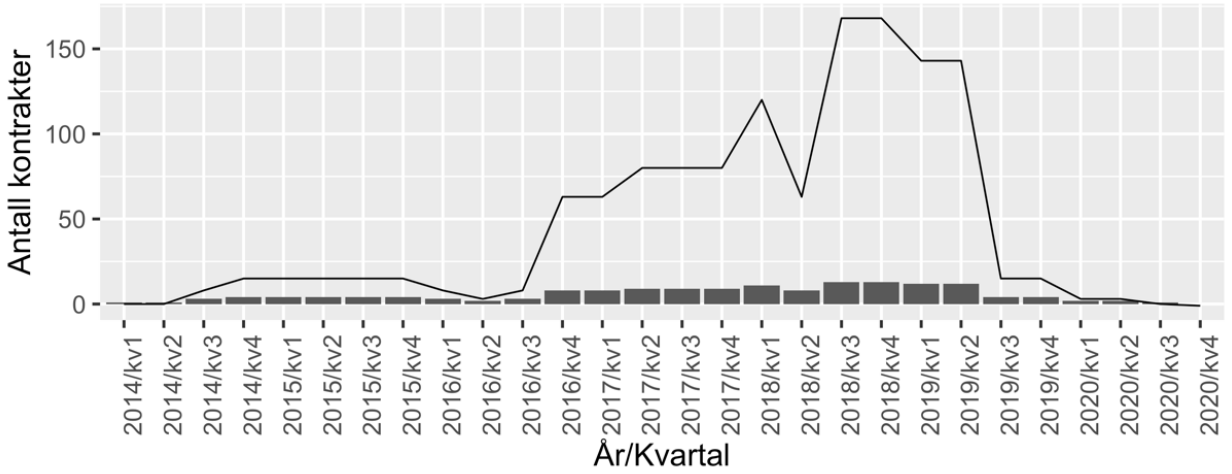
Utfordringene er: hvordan vet man at det er «optimaltid» på hovedplanen og faseplanene?
På store komplekse prosjekt vil vi hevde at *det er et få, om noen, som strengt tatt vet hvilke utfordringer man står ovenfor når de første tidsplanene estimeres i starten av utviklingsfasen*. Det er det derfor stor usikkerhet knyttet til varighet når de første planene fastlegges. Man vet strengt tatt ikke om det er satt urealistiske forventninger til tid – det vil si alt for romslige eller alt for kort tid på byggefasen før helt mot slutten av utviklingsfasene. Det er først når man har kommet i gang med byggingen at man starter arbeidet med systematiske og detaljerte planer og aktiviteter som skal utføres i byggefasen. Først da vil man få de første indikasjonene på om man har satt tiden optimalt.

Antall aktører og grensesnitt øker vanligvis etter hvert som byggeriet krever involvering fra flere fag. Det store volumet av kontrakter kommer typisk halvveis (40% - 50%) av byggefasen. Noe som igjen gjør at antall aktiviteter i tidsplanen øker radikalt fra dette tidspunktet. Se Figur 7.



Figur 7 Antall kontrakter på museumsprosjektet fordelt over byggefasen

Hvis man baserer seg på museumsprosjektet, som er del av denne rapporten, så var planlagt antall kontrakter (av ikke-triviell størrelse) for byggefasen som vist i Figur 7. Dette inkluderer ikke ledelse, arkitekt eller prosjektering, men kun utførende entreprenør kontrakter. I ytterste konsekvens, så ville det gi antall grensesnitt som N*(N-1) – altså opp mot 150 grensesnitt (vist med strek i Figur 8). I tillegg kommer hva de utførende har av grensesnitt mot arkitekt, prosjekterende og byggeledelsen.

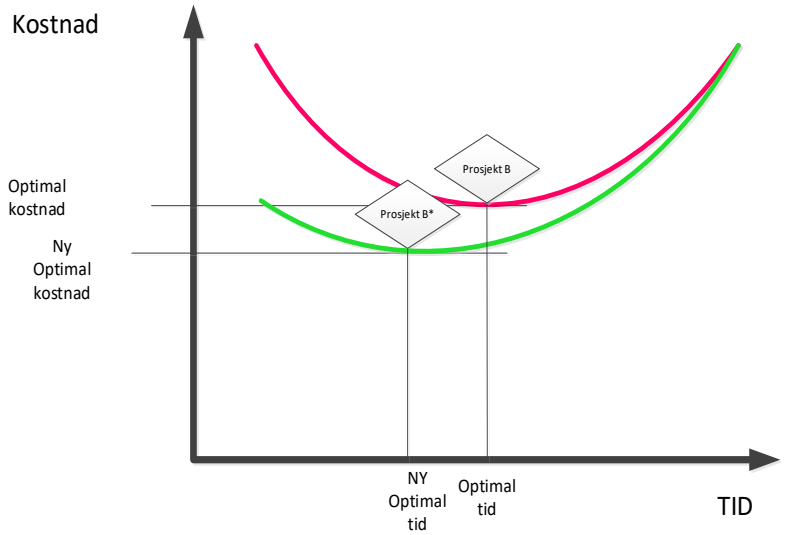


*Figur 8 Antall kontrakter, antall grensesnitt (N*N-1) indikert med heltrukken linje*

Det er også verd å merke seg at økning i kontrakter og økning av antall kontaktpunkt som må koordinerer gjør at kompleksitet øker når prosjektet går inn i de mest produksjons intense periodene. Det er også der omsetning eller forbruksrate i byggefase er desidert høyest. Det er derfor et paradoks at pådraget i de prosjektene som vi har studert ble trappet opp i løpet av de første 0-25% av byggefase for så å være tilnærmet like fra 25-75 % av varigheten. Samtidig så vi en klar tendens at endringskravene kom fra etter 25% og utover i byggefasen. Det er viktig å poengtere at det ikke er antall kontrakter som er avgjørende, men antall grensesnitt som forteller hvor komplisert bygget er.

En kontrakt kan for eksempel være å male 1000 rom, og dette må da koordineres med snekker, elektriker, VVS mm.

Vi har alt omtalt at raskere levering gjør at nytten og verdien oppnås før. Sett fra et bruker og/eller et eierperspektiv er det derfor vanligvis bedre å få prosjektet ferdigstilt i år 4 enn i år 5, men det er et poeng til, som er mindre åpenbart. Ett prosjekt som gjennomføres på 4 år fremfor 5 år kan også være *billigere* å gjennomføre. Som nevnt så består et prosjekt prinsipielt av to kostnadstyper – tidsavhengige og tidsuavhengig (volumavhengige) kostnader – dermed vil kortere byggetid kunne medføre reduserte kostnader som vist i Figur 9.



Figur 9 Reduseres prosjektets varighet, er det mulig å forskyve kurven minimum nedover i kostnad og tid

Figur 9 ser vi at om man reduserer prosjektets varighet (Ny optimaltid) vil dette gi en reduksjon av kostnad (Ny optimalkostnad) vist med den grønne grafen. Raskere gjennomføring vil gi lavere tidsavhengigkostnader. Dette skyldes at de tidsavhengige kostnadene blir lavere om man leverer prosjekt på kortere tid. Eksempler på tidsavhengige kostnader er: riggkostnader, ledelseskostnader, leie av kraner, lifter, stillaser, vakthold mm som alle vil gå ned hvis prosjektet gjennomføres på kortere tid.

Fordeling av kostnader over prosjektforløp

I Speedup prosjektet ble det studert blant annet hvor lang tid man typisk brukte på å planlegge små- og store prosjekter: Vi sjekket om det var sammenheng mellom planleggingstid, totalkostnad og størrelse (dvs areal) på prosjektene. Det viste seg at det ofte var relativt liten grad av sammenheng mellom størrelse og tid; man brukte fra 6 måneder til flere år på planlegging av relativt små prosjekter og det samme gjorde man på de store prosjektene. Det viste seg også at spredningen i tidsbruk på planlegging var relativ stor, mens byggetidene var relativt like på svært mange prosjekt. Varigheten på byggefasene var tilsynelatende relativt frikoblet fra størrelsen (Johansen, Eik-Andresen, et al., 2016; Landmark & Johansen, 2016).

Haaskjold et al (2021) konkluderer med at transaksjonskostnadene (definert som timer til ledelse fra byggherre og entreprenør) utgjør i snitt 18 % av totalkostnadene på større byggeprosjekter.

Studien til Haaskjold et al viser også at prosjekter med høy kostnad og lang varighet antagelig har noe mindre kostnader til ledelse i gjennomsnitt enn de mindre prosjektene - noe som skyldes at man må ha en viss mengde ledelse for lede et prosjekt til 100 millioner, men man må ikke nødvendigvis ha 10 ganger så mange ledere for å styre et prosjekt som til 1000 millioner. Prosjekter med lang varighet og høy forbruksrate kan derfor ha relativt sett lavere kostnader relatert til prosjektledelse enn små- og mellomstore prosjekt, og dermed noe lavere forbruksrate over prosjektforløpet.

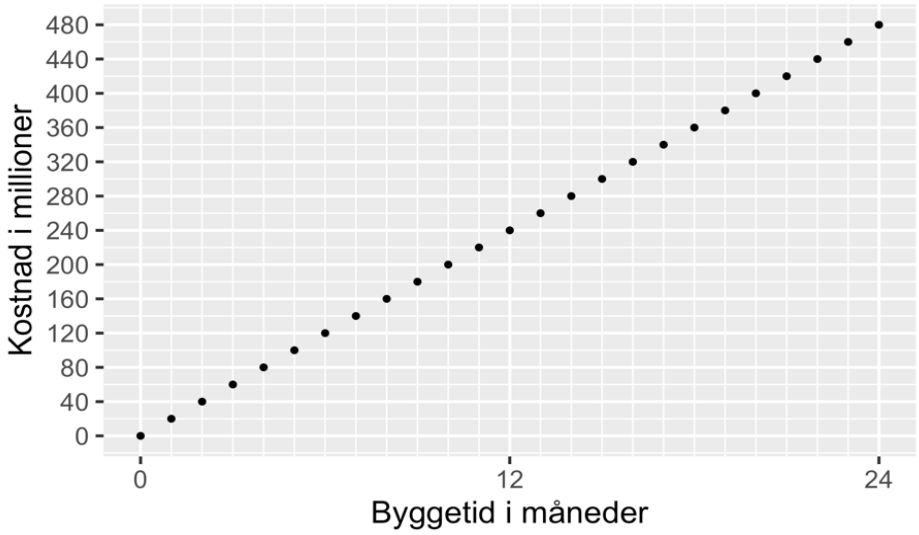
Studien viste videre at det var svak sammenheng mellom mengden ledelse og prosjektenes kompleksitet – dvs. man kjører mer eller mindre med samme stab på de mindre komplekse som de mer komplekse prosjektene.

Spesielt relevant i denne sammenhengen er at de fant tilnærmet ingen sammenheng mellom ledelsestimer som ble anvendt relatert til varigheten, total kostnadsramme, og *«burn rate»*. Det som omtales som «burn rate» av Haaskjold et al er definert som «kostnadsramme/total varighet» og er ment å si noe om *prosjektets intensitet* eller om man vil «hvor stor omsetningshastighet organisasjonen er i stand til å takle». Høy «burn rate» eller forbruksraten kan dermed sies å være en *forenklet form for fartsmål*. Dette begrepet gir snitt forbruket per måned for utviklingsfasen og byggefasene samlet sett.

Slik begrepet er definert av Haaskjold et al (2021) – gjennomsnitt forbruksrate over hele prosjektløpet sier det lite om hvor fort prosjektet faktisk sett gjennomføres. De fleste prosjektet omsetter relativt lite i utviklingsfasen, typisk mindre enn 15 % av total kostnaden, mens man bruker mer enn 60 % av total tiden på planleggingsfasen. I tillegg bruker de fleste prosjekt mindre penger i oppstarten av byggefasen og i slutten av byggefasen. En må derfor gå noe dypere inn tallene hvis man virkelig vil forstå hvordan omsetning påvirker utviklingsfasen og byggetiden. Det vil vi gjøre i fortsettelsen.

Forbruksrate som fartsmål i byggefasen

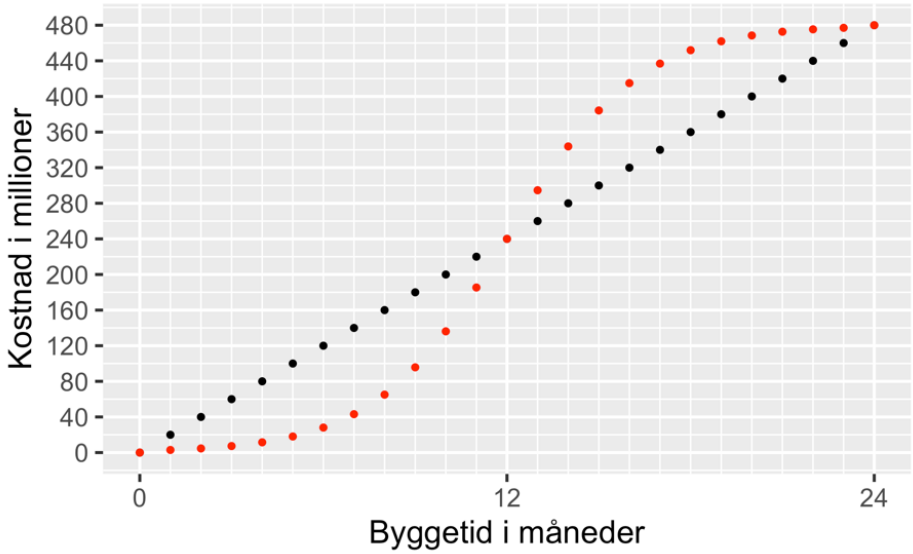
I denne rapporten sier vi at forbruksrate er bruttokostnaden sammensatt av timeforbruk og ressurser fordelt på tid i byggefasen. Figur 10 viser et fiktivt bygg med totalkostnad på 480 MNOK med byggetid på 24 måneder gir dette en forbruksrate som vist i figuren.



Figur 10 Akkumulert kostnad fordelt over tid

I dette eksemplet så har vi en total omsetning på 480 millioner over 24 måneder tilsvarende 20 millioner per måned. Med denne omsetningstakten vil vi realisere dette byggeriet på 24 måneder hvor alle måneder er «like travle» (fra et omsetningsperspektiv).

I realiteten vil de fleste prosjekter ikke ha jevn omsetning hver måned. Dette vil av flere årsaker føre til at man reelt sett får en fremdriftskurve som ser mer ut som den røde kurven i Figur 11. Dette kalles ofte prosjektets s-kurve.

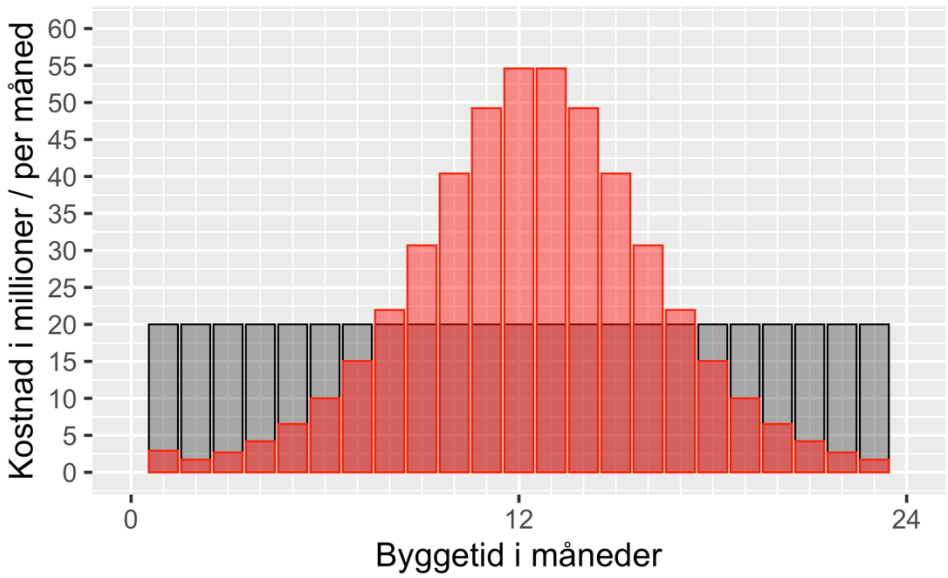


Figur 11 Kostnad fordelt på tid (svart er jevn fordeling, rød er mer realistisk fordeling)

Dette er flere årsaker til at det blir slik i praksis:

- De fleste byggeri starter med grunnarbeider – hvor det ikke er tilgang for flere fag. Grunnarbeidet er ikke reelt sett nødvendigvis en så stor del av bygge kostnaden, men den vil ofte være premissgivende for byggetiden – siden kommer naturlig først og den må være tilnærmet ferdigstilt før man kan reise resten av bygget.
- Det er mobiliseringstid i de fleste arbeider, så flere kontrakter betyr stort sett høyreskeive oppstartstidspunkter (som igjen summeres ved mange kontrakter).
- Materialkostnader og personell kommer ujevnt gjennom byggetiden.
- Rene tidsavhengige kostnader vil fort domineres av volumavhengige kostnader når byggearbeidet kommer i gang.

Punktet rundt 12 måneder hvor den røde kurven er på *sitt bratteste* (altså vokser mest per måned) er punktet hvor prosjektet har det *aller travlest*. Dette topper seg i et vendepunkt hvor omsetningstallet etterpå typisk går ned inn mot prosjektets ferdigstillelse.



Figur 12 Kost mot tid. Rød er S-formet, sort er flat.

Disse to kurvene viser begge et gjennomsnitt på 20 millioner og en totalsum på 480 millioner, men hvis vi ser måned for måned så er det åpenbart at det er mange måneder med betydelig lavere omsetning enn det (sorte) flate gjennomsnittet og motsatt – en del i den røde fordelingen som har en omsetning som er mange ganger over gjennomsnittet. Hvis man ser på statistikken (Tabell 1) for disse to fordelingene så er det ikke like åpenbart:

Tabell 1 Beskrivende statistikk

	Sort (flat)	**Rød (s-kurve)**
Sum	480M	480M
Gjennomsnitt	20 MNOK/mnd	20 MNOK/mnd
Standardavvik	0	18,8
Intervall	[12,5]	[1,7 – 54,6]
Forholdstall (dyreste/billigste måned)	1:1	32:1

Djevelen i detaljene her er standardavviket, altså det statistiske målet på hvor stor variasjon det er fra måned til måned. Hvis vi betrakter kun gjennomsnitt så fremstår fordelingene lik. For ikke å bli veldig sårbar for periodiseringen av kostnader, kan man beregne gjennomsnittlig omsetning for kortere intervaller (Tabell 2). Da blir ikke utslagene av enkeltmåneder så ekstreme (her med halvår som oppløsning):

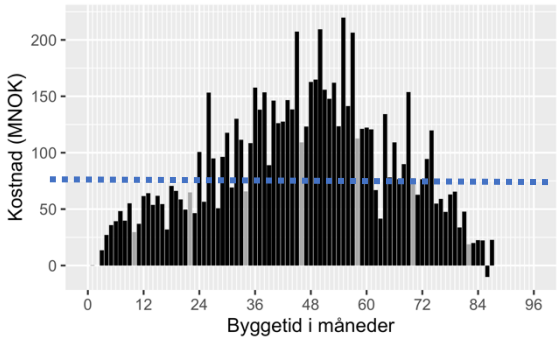
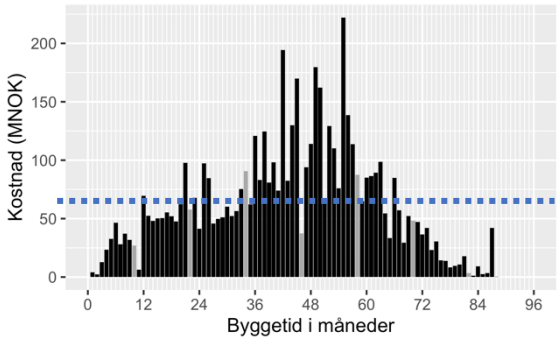
Tabell 2 Beskrivende statistikk over tidsluker

Prosjektperiode i måneder	**Sort (flat)**	**Rød (s-kurve)**
1-6	20	4,7
7-12	20	35,3
13-18	20	35,3
19-24	20	4,7
Forholdstall	1:1	7,5:1

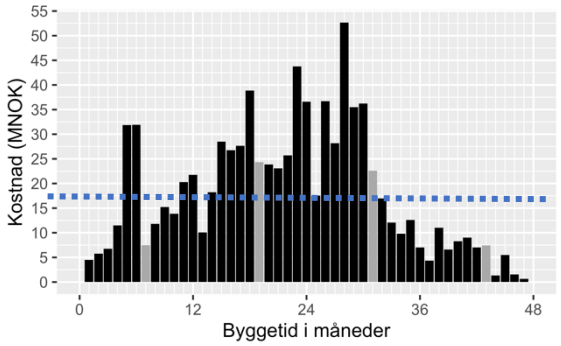
Illustrasjon av ulike omsetningsprofiler

Regneksemplene vist i Tabell 1 og Tabell 2 viser et helt teoretisk eksempel på den helt åpenbare forskjellen på en flat fordeling og en s-kurve. Slik «lek med tall» og konseptuelle størrelser kan være interessant for å forstå sammenhenger, men lar det seg overføre til den virkelige verden? Nettopp for å undersøke dette har vi hentet inn tall fra seks byggeprosjekter. Disse bruker vi for å vise at disse sammenhengene også finnes i virkeligheten, og at læringspunktene fra den teoretiske øvelsen kan komme til anvendelse for virkelige prosjekter.

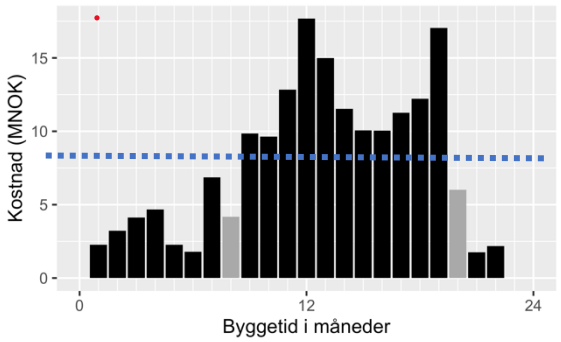
Tabell 3 Oppsummering av seks byggeprosjekter[2]

Campus	**Museum**
	
Gjennomsnittlig omsetning: 87,9 ± 52,5 (MNOK/Måned ± std.avvik) Total omsetning: 7 646 MNOK	Gjennomsnittlig omsetning: 62,0 ± 46,3 (MNOK/Måned ± std.avvik) Total omsetning: 6 092 MNOK
Høyskole	**VGS**

[2] De lysere grå søylene er juli måned (hvor eventuell byggeferie burde treffe). Campus- og Museums-prosjektet har begge fått justert måned 3 i prosjektet som et gjennomsnitt av måned 2 og 4, fordi det regnskapsmessig var lagt store enkeltutbetalinger (350MNOK+) som ble aktivert i denne ene måneden.

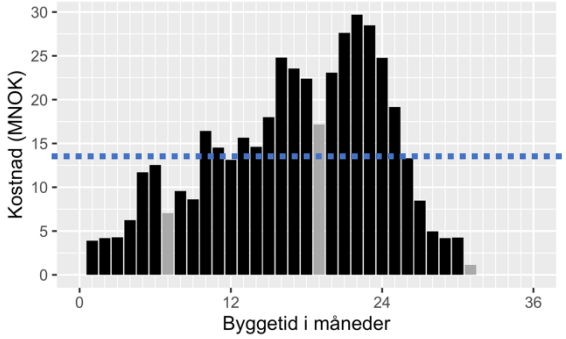


Gjennomsnittlig omsetning: 18,0 ± 12,8
(MNOK/Måned ± std.avvik)
Total omsetning: 862 MNOK



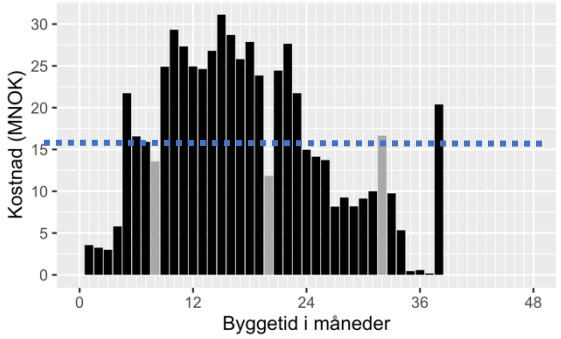
Gjennomsnittlig omsetning: 8,0 ± 5,1
(MNOK/Måned ± std.avvik)
Total omsetning: 176 MNOK

Sykehjem



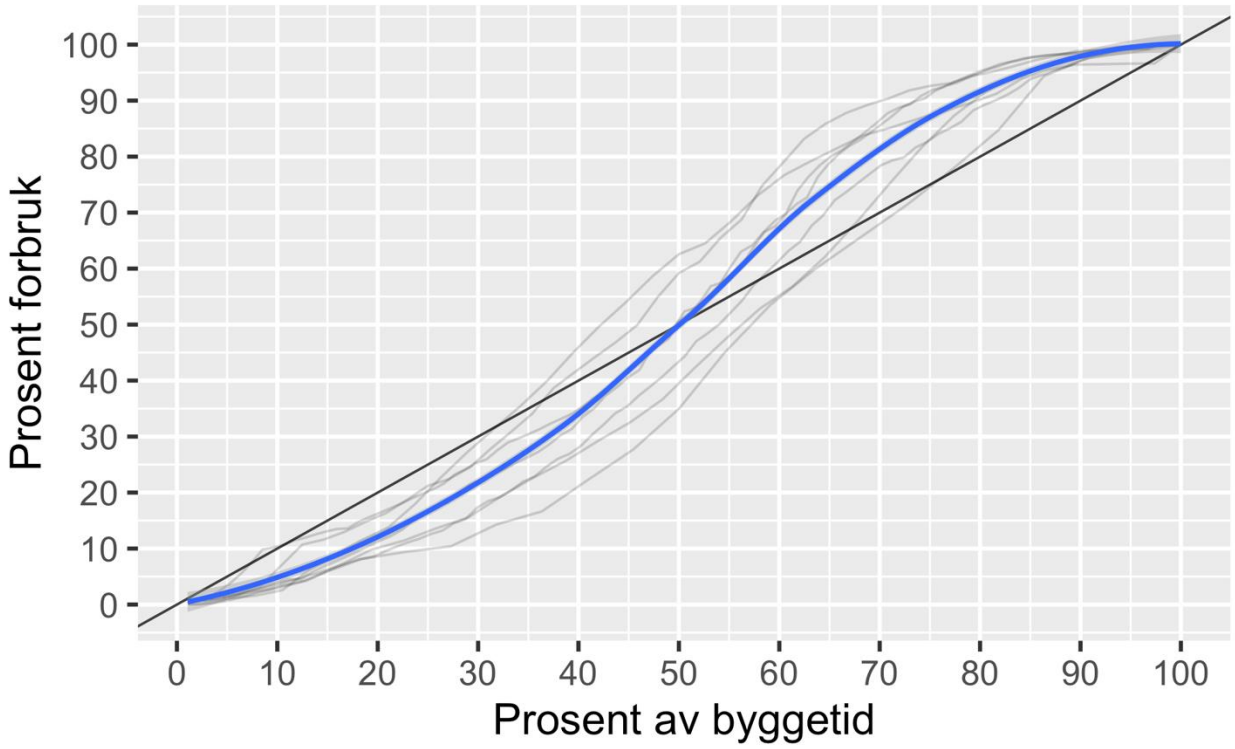
Gjennomsnittlig omsetning: 14,1 ± 8,4
(MNOK/Måned ± std.avvik)
Total omsetning: 437 MNOK

Skole/Flerbrukshall



Gjennomsnittlig omsetning: 15,9 + 9,6
(MNOK/Måned ± std.avvik)
Total omsetning: 605 MNOK

I Figur 13 ser vi de individuelle kurvene og en gjennomsnittlig kurve for samtlige prosjekter (i mørk blå). Sett mot et enkelt gjennomsnitt (sort linje) så ser vi hvordan de faktiske prosjektene ligger under til omtrent 50% inn i byggetiden. Tilsvarende at det i de første og siste 20% av byggetiden forbrukes kun 10% prosjektets totale omsetning.



Figur 13 Felles s-kurve for samtlige prosjekter (blå). Uniformt pådrag i sort, enkeltprosjekter i grå.

Dette kan dels forklares med at man rigger opp prosjektet, dels at man jobber med å detaljprosjektere de første kontraktene ferdig i perioden 0-25% og dels skyldes det at man ikke kan sette gang alle kontaktene med en gang. Den høyeste omsetning kommer i 5 av 6 prosjekt i perioden 50-75 %. Det er normalt at den største omsetning og dermed flest antall aktiviteter som må samkjøres og koordineres kommer 50-75 % ut i prosjektet. I det siste periodene 75-100% trappes omsetning drastisk ned. De består av testing, ferdigstillingen av utomhus og overlevering. Disse aktivitetene kan ta tid, men utgjør forholdsvis liten del av total kostnaden.

Tabell 4 Oversikt over prosjektenes omsetning beregnet for fjerdedeler av prosjektperioden

Prosjekt/Periode	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	Omsetning	Forhold
Skole/ Flerbrukshall	12,0 ± 8,4	27,0 ± 2,3	17,0 ± 6,9	8,1 ± 6,8	605	**3,3:1**
Museum	40,7 ± 23,1	82,9 ± 35,5	104,3 ± 47,3	21,9 ± 18,9	5 514	**4,8:1**
Sykehjem	7,1 ± 3,6	13,8 ± 3,3	24,6 ± 4,0	10,0 ± 8,3	437	**3,5:1**
VGS	3,3 ± 1,1	7,5 ± 4,1	12,9 ± 3,0	8,4 ± 6,1	176	**3,9:1**
Høyskole	15,2 ± 9,5	26,9 ± 8,9	25,0 ± 13,8	5,4 ± 3,4	862	**5,0:1**
Campus	42,8 ± 20,8	106,9 ± 36,1	139,5 ± 45,9	60,3 ± 38,6	7 646	**3,3:1**

Tabell 4 viser at prosjektene er helt i tråd med Haaskjold et al (2021), de største prosjektene evner å omsette mer per måned enn de mellomstore. *Vi ser også at forholdstallet for samtlige prosjekter viser at den «travleste» mot den «roligste» delen (målt i forbruksrate) er i snitt 4:1 (mellom 3,3 - 5,0:1).*

Vi mener at det er to hovedforklaringer på hvorfor større prosjekter omsetter for mer:

- På de svært store prosjektene er det oftere flere angrepspunkt: stor tomt, flere bygg eller lange strekninger med mange ulike kontrakter som gjør at man gå i gang flere steder mer eller mindre uavhengig av hverandre.
- Har man også nok penger – så kan man få til en svært høy omsetning i byggefasen (om man prioriterer det fra starten av).

Hvorfor er et forholdstall interessant?

Dette forholdstallet oppstår som en konsekvens av at prosjekter (omsetningsmessig) tenderer mot s-kurven i omsetning over tid. Vi har vist flere årsaker til det, inkludert det åpenbare at det er i midten av byggeriet at flest fag og de mest kostbare materialene omsettes. Dette er forholdsvis åpenbart, men det å kvantifisere det til et forhold mellom høy og lav omsetning, gjør at man kan bruke dette for å se på periodiserte planer og gjøre en enkel «robusthetssjekk» om planen er realistisk.

Byggeledelse og byggherreorganisasjonen må være skalert for å kunne takle en omsetning (i kortere perioder) på nærmere 3 til 5 ganger omsetningen forhold til de roligste månedene – og motsatt man må fortsatt være rasjonelt oppsatt i styring og ledelseskapasitet i de rolige periodene. Der er risikoen at ledelseskapasitetens kostnad betydelig overstiger produksjonen. Ironisk nok så er prosjektledelsen mest travelt i begynnelsen av prosjektet og på slutten av prosjektet og ikke under den perioden vår det produseres mest.

Ved å benytte denne enkle sammenhengen så kan man også se nytten av å etterstrebe tidlig igangsetting på de aktiviteter hvor det er mulig, nettopp for å glatte ut så mye av denne effekten. Her antar vi at det er mer rasjonelt å forsøke å oppnå et glattere omsetningstall enn å ha store variasjoner. Kombinert med at lengre byggetid tradisjonelt sett vil medføre økte *tidsavhengige* kostnader betyr dette at man bør forsøke å øke omsetningen i de periodene med lav omsetning heller enn å øke omsetningen i de travleste månedene.

3 Hvordan anvende denne innsikten i tidlig tidsplanlegging?

Det er en rekke forhold som gjør at det å sette «optimaltid» er svært krevende og en usikker øvelse. Vi har dette kapitlet oppsummert noen av forholdene som er med å påvirke hvor lang tid man bruker på planleggings- og byggefasen. Vi vil videre i kapittelet diskutere noe av de mer prinsipielle utfordringene knyttet til å bestemme «optimaltid» og oppsummer noen læringspunkter basert på prosjekters faktiske utfordringer. Hva er det i prosjektutviklingsfasen som gir føringer for «optimaltid» i byggefasen?

Videre viser vi hvordan denne typen vurdering kan brukes til å gjøre en robusthetstest av prosjektplanen på et tidlig stadium. Dette viser vi ved å bruke utbyggingen av Campus NTNU som en illustrasjon. Denne rapporten bruker tallene før reduksjonen av prosjektomfanget (ca 11.6 milliarder til 6 milliarder, som inntraff våren 2022) og ser på hvor robust prosjektets fremdriftsplan var på dette tidspunktet. Først skal vi se på erfaringen fra et par andre prosjekter.

Erfaringer fra Campus Ås og Prosjekt Nytt Nasjonalmuseum

Campus Ås og Prosjekt Nytt Nasjonalmuseum, har begge blitt flere år forsinket. Begge prosjektene er megaprosjekter med svært høy omsetning, med stor kompleksitet, svært mange rom med ulik form og innhold som skal prosjekteres og bygges, mange kontrakter, mange fag og grensesnitt som må planlegges og håndteres godt hvis de skal gjennomføres på «optimaltid». Begge prosjektene har opplevd betydelig forsinkelser i forhold til den planlagte overlevering av byggefasen.

Campus Ås hadde i snitt en omsetning på ca. 80 millioner per måned i byggefasen, mens prosjektet Nytt nasjonal museum (PNN), ligger i snitt tett opp mot 60 millioner per måned, avhengig av når du velger å si at byggefasen startet. Begge prosjektene har enkelte måneder med over 200 millioner i omsetning.

Forklaring og årsakene til at disse to prosjektene har blitt flere år forsinket er svært sammensatt og det ligger utenfor denne rapportens ambisjon å besvare hva som var de konkrete og spesifikke årsakene til at man ble flere år forsinket i forhold til planlagt overlevering, *men det er noen lærdom som en kan trekke ut av disse to prosjektene vedrørende bestemmelse av «optimaltid»:*

- For det første bør man erkjenne at det er svært krevende å estimere en fornuftig og robust plan for slike store prosjekter på slutten av strategifasene når konseptvalget gjøres – man tenker gjerne på dette stadiet at 5-6 år på byggefasen er lenge – «det må da holde og det er sikkert lang nok tid, og vi har sagt til våre kunder at de kan ta over bygget i 2019».

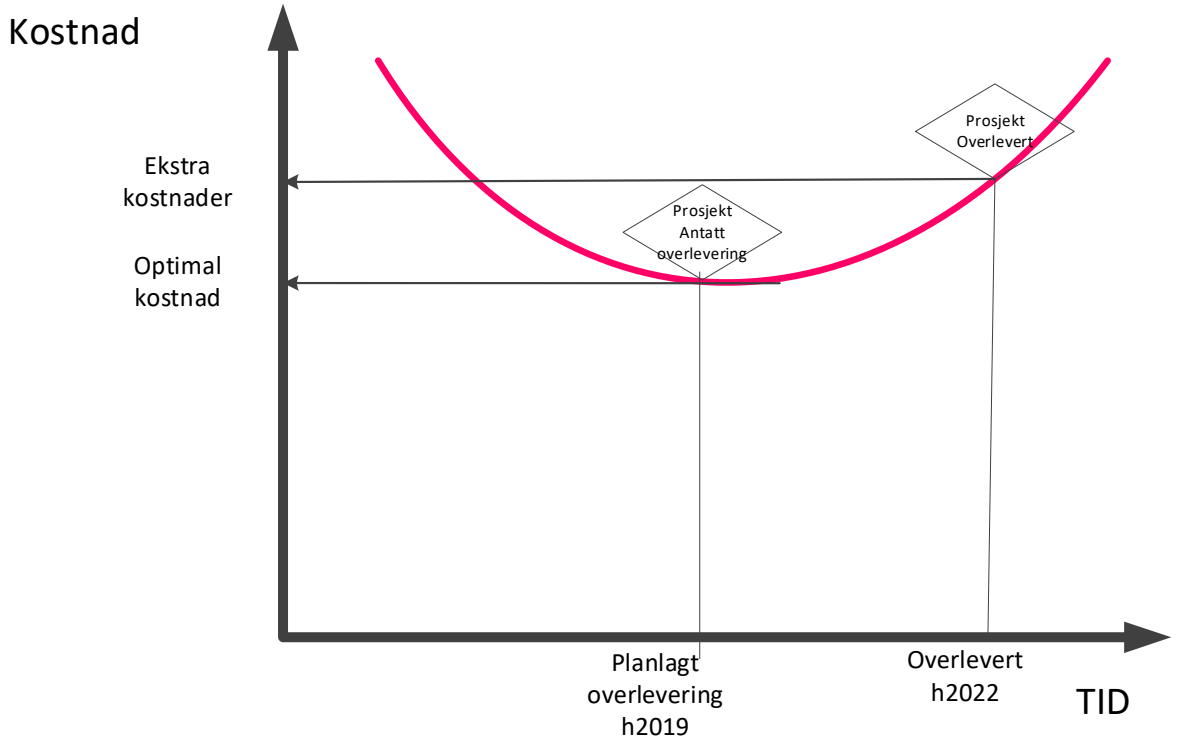
- For det andre er det få, om noen, som egentlig har den fulle innsikten til å kunne sette opp et fornuftig og «rett» estimat på hvor lang tid byggeaktivitene tar på det stadiet da konseptvalget tas på megaprosjekter.

Kunden ønsker seg bygget så fort som mulig og man vet at de tidsavhengige kostnadene som prosjektledelses, riggkostnader osv. fort kan beløpe seg til 20-25 millioner per måned for disse store prosjektene. Da er det lett å skjønne at man vil forsøke å gjennomføre byggefasen på disse prosjektene med så stor omsetning og så kort byggetid som man tror er realistisk å få til. Hvis man

ikke har kontroll på om man skal prosjektere og bygge 60'000 eller 80'000 kvm før langt inn i forprosjektet (jf. (Steenberg et al., 2022, s. 22)) har man egentlig ikke den nødvendige innsikten som skal til for å sette «optimaltid» for byggefasen.

Ideelt sett burde man i slike tilfeller vente til slutten av utviklingsfasen dvs. helt i slutten av forprosjektet før man angir forventet overleveringsdato. Dette er i henhold til forslaget på ny Byggherreforskrift hvor byggherre skal påse at prosjektet har en realistisk byggetid. På samme måte som feil målsum skaper utfordring i samarbeidet mellom byggherre og entreprenør/rådgivere vil urealistisk kort eller for lang varighet for byggefasen også kunne skape betydelig problemer.

Har man estimert prosjektets byggetid til 6 år, men ender opp med å overlevere etter 9 år vil dette koste prosjektet store summer *i tillegg til ekstra kostnader for brukerne* som kan ende opp med å betale husleie to steder, eller få kostnader ved å oppretteholde driften i de gamle lokalene i flere år ekstra.



Figur 14 Sammenheng mellom planlagt overlevering og kostnad

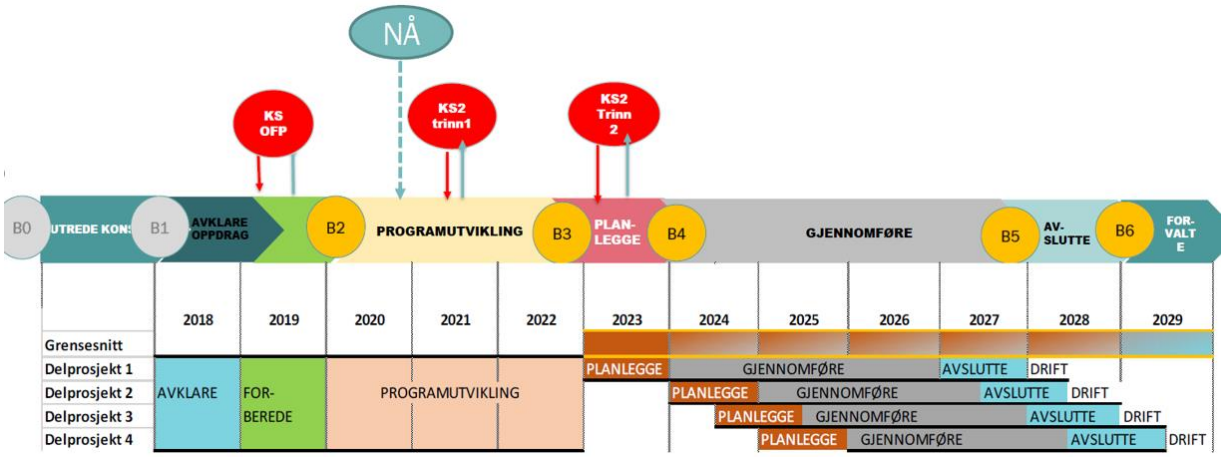
Både Nytt Nasjonalmuseum og Campus Ås hadde svært høy omsetning over byggefasene – så kan derfor ikke si at de har vært langsom per se. Men når man går på en tidssprekk på 2-3 år går man uunngåelig mot den høyre siden av kurven som gjør at kostnadene som følge av den ikke-planlagte forsinkelse stiger og som dermed forklarer deler av den økte kostnadene som påløpte i byggefasene for disse to prosjektene. På slike store prosjekter betyr det at byggherren kan få en ekstra kostnad (hvis man legger til grunn en månedlig kostnad på 20 millioner for rigg, drift og ledelse) relatert til tidsavhengig kostnader på 500 – 800 millioner! når prosjektet blir senere overlevert/forsinket med 2-3 år. Det er derfor slett ikke et trivielt problem man står ovenfor når man skal finne frem til «optimaltid» på slike store prosjekter, og det kan også være høyst lønnsomt å estimere en mer «optimaltid» og levere raskt eller minimum som avtalt på tid for en byggherrer.

Forenklet evaluering av NTNU Campus prosjektplan

NTNU er i skrivende stund i utviklingsfasen av «ny og samlet Campus». Denne rapporten bruker tallene før reduksjonen av prosjektomfanget (ca 11.6 milliarder) og ser på hvor robust prosjektets fremdriftsplan var på den tiden. Prosjektet er på mange måter sammenlignbart med Campus Ås som er i ferd med å sluttføres i disse dager.

Det er vanskelig å spå – så derfor må vi starte med å si at dette er en illustrasjon. Selv om det bygger på reelle tall, er dette ment som en illustrasjon av hvordan man kan finne frem til «optimaltid» hvis man bruker de erfaringene og regnereglene som vi tidligere har redegjort for.

Våren 2021 presenterte Statsbygg og Campus-prosjektet følgende overordnede modell for NTNU. Prosjektet har en kostnadsramme på ca 11,6 milliarder (2020) og det er antydet at man skal bygge 92'000 kvm nybygg og bygge om 45'000 kvm eksisterende bygningsmasse.



Figur 15 Gjennomføringsmodell Campus NTNU

Planen sa ett år på å prosjektere det første bygget – så bygge i tre år. Til slutt er det satt av ett år på ferdigstilling og testing. Bygg to, tre og fire skal bygges på 2 ½ år. Modellen sier ingen ting om hva som er nybygg og hva som er ombygging – eller hvor omfattende ombygging det er snakk om. Det som derimot er helt klart er at brukerne – dvs. NTNU – ønsker seg byggene så raskt som mulig – så ut fra det perspektivet kan man si at den er komprimert mot optimal – *men er tidsplanen realistisk*?

Varigheten basert på omsetningstakt

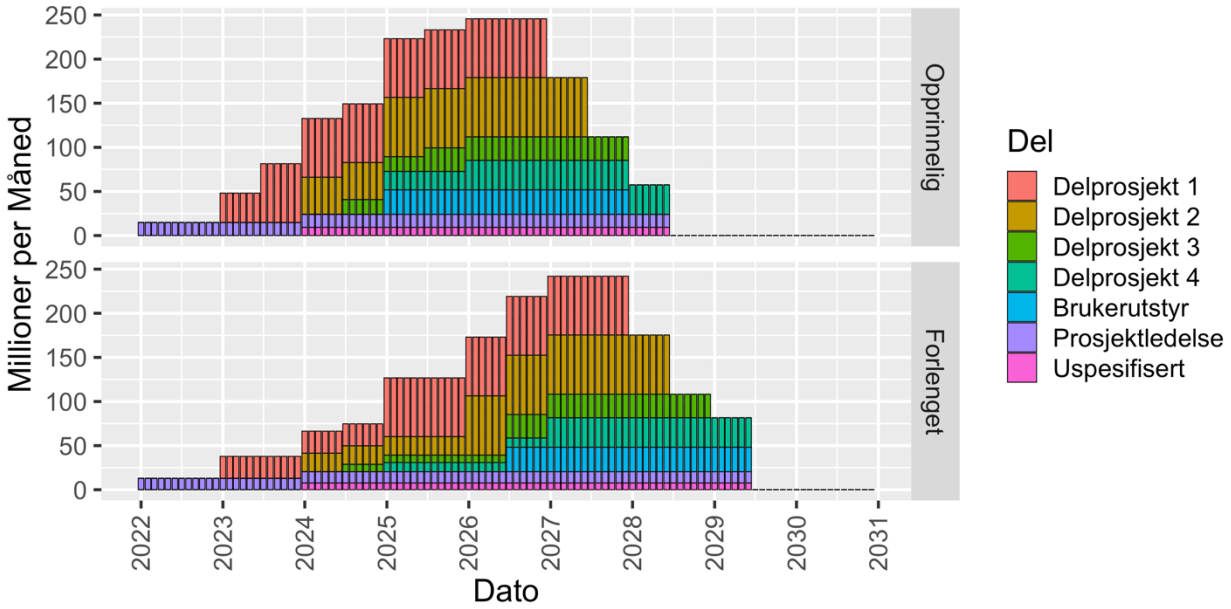
Regneeksemplet baserer seg på den foreløpig angitt kostnadsramme på 11,6 milliarder. Bruker man erfaringstallene fra Campus Ås som referanse kan man for eksempel anta prosjektets styringsramme vil ligge på ca. 10,4 milliarder eller omtrent 10 % under kostnadsrammen. Antar man at ca. 1 milliard settes av til brukerutstyr til labber mm. Er det 9,4 milliarder til prosjektledelse og bygging/ombygging. I første runde antar vi at ca. 20 % av kostnaden er til prosjektering og at man bruker ett år per bygg slik som modellen viser. Ut ifra premissene gitt i Figur 15, blir omsetning fordelt slik på prosjektet, se figur 16 og figur 17

			2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028
			V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V
	Prosjektledelse (10%)	1'177'515	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757	88'757
	Bruker utstyr	1'000'000							166'667	166'667	166'667	166'667	166'667	166'667	
Delprosjekt	Prosjektering + Nybygg 1 (60 tusen m2)	3'000'000			200'000	400'000	400'000	400'000	400'000	400'000	400'000	400'000			
Delprosjekt	Prosjektering +Nybygg 2 (60 tusen m2)	2'520'000					252'000	252'000	403'200	403'200	403'200	403'200	403'200		
Delprosjekt	Prosjektering+ Rehab 1 (50 tusen m2)	1'000'000						100'000	100'000	160'000	160'000	160'000	160'000	160'000	
Delprosjekt	Prosjektering +Rehab2 (50 tusen m2)	1'250'000							125'000	125'000	200'000	200'000	200'000	200'000	200'000
	Uspesifisert	500'000					55'556	55'556	55'556	55'556	55'556	55'556	55'556	55'556	55'556

Figur 16 Enkelt periodisert oppsett for Campus NTNU illustrasjon (alle tall i tusen NOK)

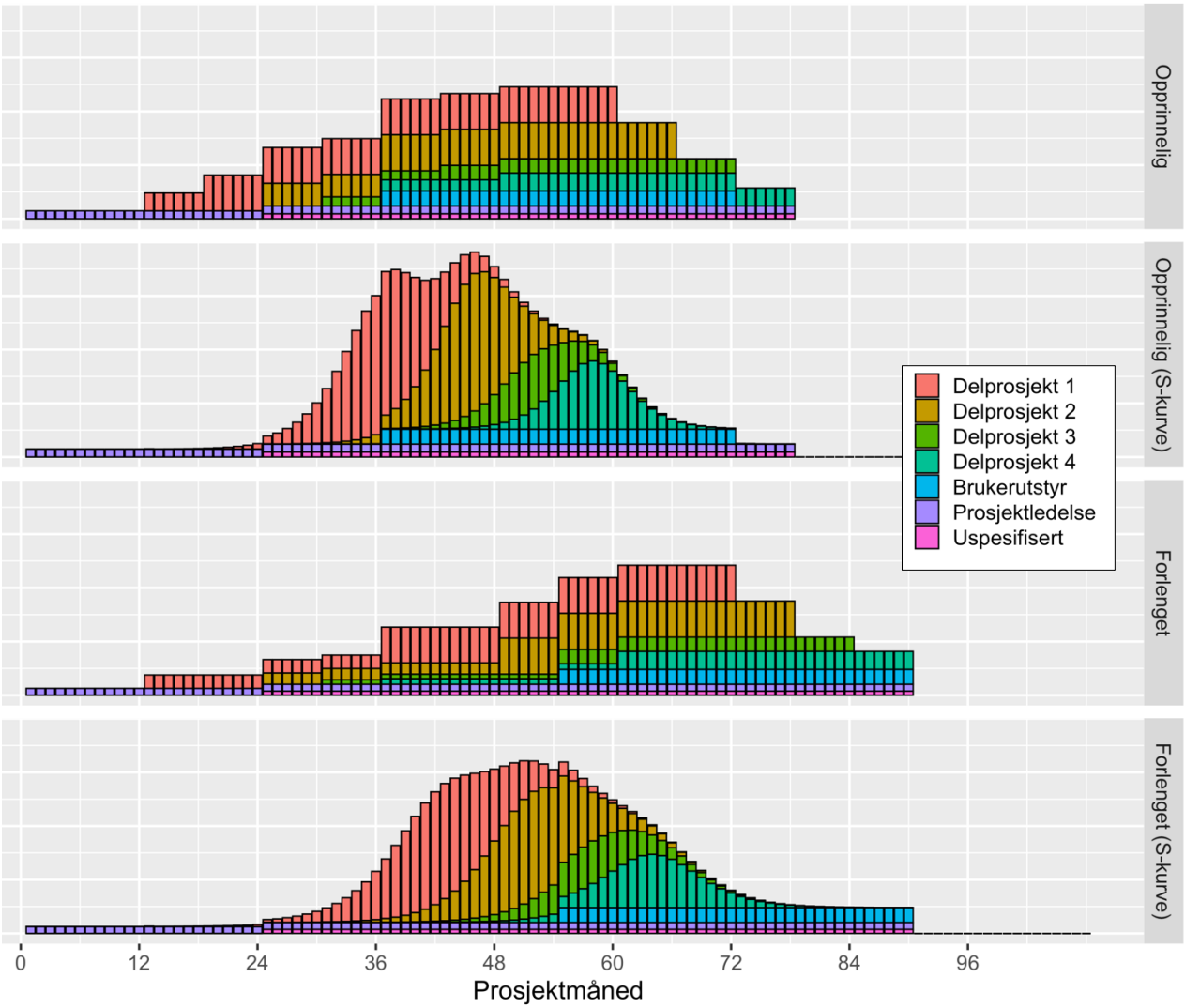
Figur 17 Forbruk Campus NTNU over år for illustrasjonsformål, basert på 2020 tall

Dette oppsettet har flere stramme forutsetninger, blant annet kun ett år til prosjektering og full omsetning fra dag en i byggefasen på samtlige byggeprosjekter. Hvis man justerer det til to år med prosjektering så vil det forlenge byggetiden som vist i Figur 18.



Figur 18 Campus NTNU - justert for lavere pådrag første og siste år byggefase og lengre prosjektering per bygg, illustrasjon

En må i disse årene evne å omsette for ca 3 milliarder i året – som igjen gir om lag 250 millioner i omsetning i flere måneder i 2026 og noe mindre i 2027. Hvis man går for en forlenging, betyr dette at omsetningen kommer senere i prosjektet, men på grunn av delprosjektene hjelper egentlig ikke forlengingen på månedsomsetningen. Dette er **svært høyt** i forhold til de tallene vi har jobbet med i dette notatet. Det er teoretisk og kanskje praktisk mulig å få dette til siden man her jobber med mange bygningskropper over et stort området – men det fordrer at man har nok kapasitet i alle ledd, dvs også prosjektledelsen når sentral beslutninger og usikker forhold skal håndteres. Videre må prosjektet få store nok bevilgninger fra og med 2022, for at man skal få til en slik produksjon.



Figur 19 Campus NTNU - med s-form på byggeriene

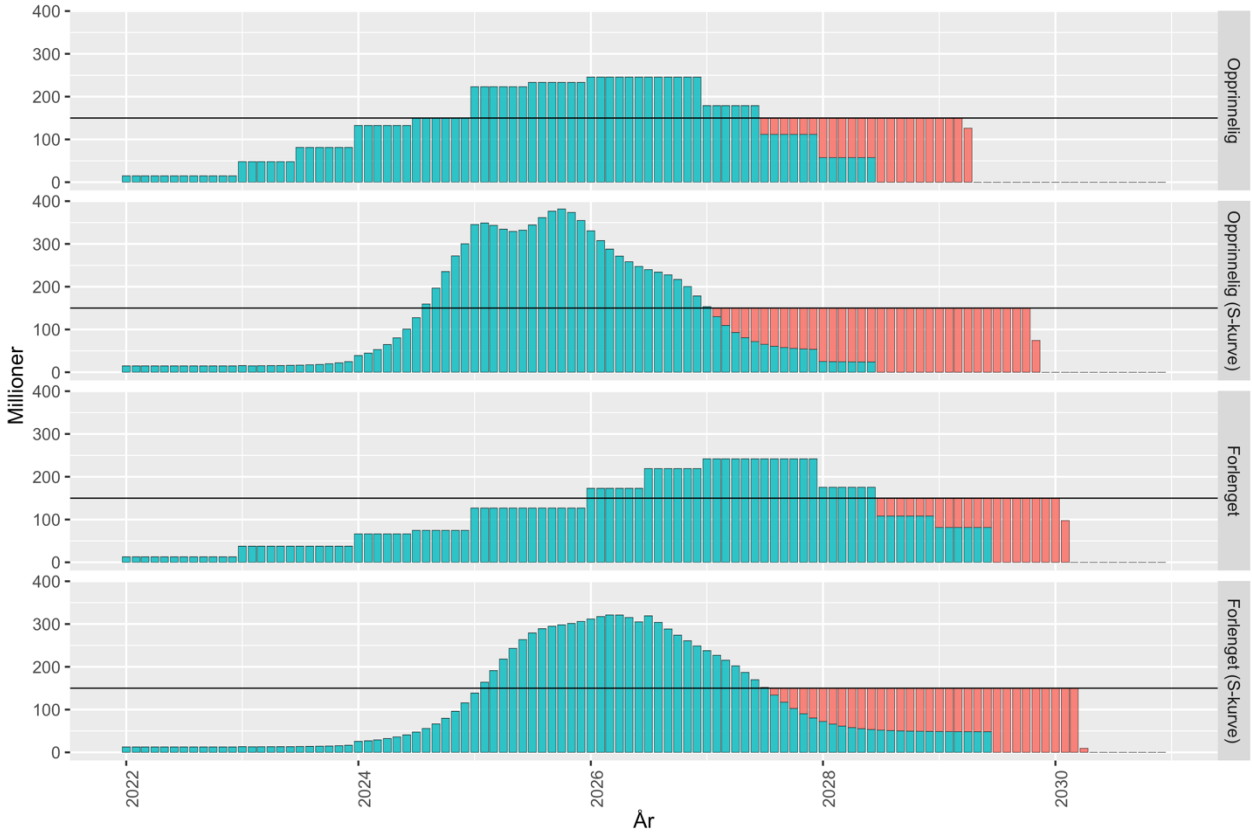
Som et siste eksperiment med tall, så kan man også benytte den samme s-kurven som vi har sett tidligere i rapporten (for eksempel i den teoretiske øvelsen i kapittel 0) og tvinge delprosjekt 1 til 4 (altså de forskjellige byggene) inn i en s-kurveaktig form på omsetningen. Da får vi en form blir seende ut som panel 2 og 4 i Figur 19. Når vi jobber med månedstall så ser vi også at disse forholdstallene som vi har beskrevet tidligere, blir mer fremtredende. Det vil si at man i den originale planen får en månedsomsetning opp imot 400 millioner per måned i to perioder av prosjektet. I vårt scenario med forlenget byggetid, så blir toppen opp mot 300 millioner.

Vurdering av tidsplanen til Campus NTNU

Vi har i denne rapporten brukt mye plass på å beskrive at det finnes en sammenheng mellom høy og lav omsetning i alle byggeprosjekter. Man må ta høyde for at måneder med høy omsetning kommer til å være mange ganger høyere enn gjennomsnittet gjennom hele perioden. Dette krever en byggeorganisasjon som er rigget for også å kunne omsette for mange ganger mer enn gjennomsnittet i form av kapasitet til styring og ledelse i det samme tempoet.

Vi så på de store prosjektene at de hadde et forholdstall mellom *høy og lav omsetning* på 4:1 (altså at måneder med høy omsetning har en omsetning omtrent fire ganger omsetningen av en lav måned). Hvis man antar dette stemmer, og dermed at vår simulerte s-kurve-fordeling viser noe av denne effekten for Campus NTNU så vil de i de travleste månedene omsette omtrent ett middels stort skolebygg *hver måned*.

Hvis vi følger dette forholdstallet mellom høy og lav på «4:1» så vil det si at man ikke bør anta et *gjennomsnitt* på over 150 millioner per måned (året sett under ett). Som et scenario viser Figur 20 konsekvensen av maksomsetning på 150 millioner per måned. Her har vi forskjøvet omsetning parallelt i tid for å holde hver måned under 150 millioner. I teorien betyr det en slik tilnærming at prosjektet får en forlengelse på 2,5 til 3 år (som vist i Figur 20).



Figur 20 Samme portefølje med maks omsetning per måned på 150 millioner

En slik form for begrensning på forbruksrate vil medføre ferdigstilling inn mot 2030 – som fortsatt er svært raskt hvis man sammenligner med Campus Ås prosjektet. Campus Ås hadde ca 8 års byggetid. Inkludert den viste ressursglattingen vil Campus NTNU bli ferdig på ca 9 år– dvs i løpet av 2030 – noe som bør betegnes som svært fort hvis man tar med i vurderingen at NTNUs prosjekt er nesten dobbelt så stort i areal som Campus Ås, og forholdene rundt byggeplassen antageligvis også må ansees som mer kompliserte enn på Ås. Selv om slik glatting vist i figur 19 og 20 kan oppleves som en noe teoretisk øvelse, henger gjennomsnittlig produksjon sammen med hvor mange steder man får til å produsere, hvor fort man greier å modne og prosjektere prosjektene, samt hvor stor entreprenørmarkedet er i regionen.

Rent tidsmessig er det nybygg delen som ser ut til å bli den kritiske veien igjennom hele prosjektet – det er dermed ikke bare et spørsmål omsetning, men hvor raskt og effektiv en er i stand til å planlegge og bygge de 92.000 kvm med nybygg. I tillegg må man selvfølgelig ha tilsvarende kapasitet i prosjektering, entreprenørledd og selvfølgelig unngå glipp i sen prosjektering av elementer med lang leveringstid, eller at sluttføring av tidlige entrepriser begrenser oppstart av påfølgende kontrakter.

Vi mener at selv med denne enkle vurderingen viser at det er urealistisk å få overleveringen i tråd med tidsplanen man opererte med i den tidlig versjon av caset. Det er ikke tvil om at her må man lykkes *særdeles* godt i alle ledd hvis man skal få til en overlevering i tråd med tidsplanen. Basert på disse betraktningene tror vi at en mer realistisk «optimaltid» ligger på 3-4 år lengre enn det som er vist i Statsbyggs modell, som vist i Figur 15.

Vi har tidligere hevdet at de tidsavhengige kostnadene relatert til prosjektledelse, rigg og drift med mer utgjør 20 – 30 millioner per måned for slike megaprosjekter. Som et minimum vil da en forlengelse som vist i Figur 20 utgjøre 7-9 måneder á 20 millioner altså 140-180 millioner. Dette er summen utelukkende for de månedene hvor man i utgangspunktet skulle ha vært ferdig.

4 Læringspunkter for å fastsette varighet på komplekse prosjekter

Hovedfokuset i rapporten har vært på utviklings- og byggefasen, og hva som påvirker vurderingene når «optimaltid» skal settes. «Optimaltid» sett fra denne rapportens perspektiv handler om å identifisere en mulig tids- og kostnadsoptimal varighet for byggeprosjekter. Ikke en streng matematisk definisjon av optimal, men hvor det ikke åpenbart er et stort potensial som forblir uutnyttet.

Når vi i denne rapporten bruker «optimaltid» så argumenterer vi for at det finnes en varighet som er tids- *og* kostnadsoptimal. Et prosjekt som er optimalt er et prosjekt hvor man bygger så raskt som mulig når det er behov for det (urgency), men samtidig slik at man ikke går på akkord med sikkerhet eller kvalitet. Dette innebærer at man er så tidsoptimalt som mulig, ikke for fort eller for langsomt. Du oppnår økt nytte når den kommer tidligere, og det gir lavere tidsavhengige kostnader og i prinsippet uendrede volumavhengige kostnader.

En god prosjektplan har klare frister og milepæler som gjør at prosjektet har noe å strekke seg etter. Planen skal ikke ha tidsbuffere i alle aktivitetene. En prosjektplan er alltid usikker, og man må jobbe aktivt med muligheter for tidsbesparelser og tiltak som gjør at risikoen for forsinkelser blir redusert. Ved å estimere varigheten i en prosjektplan tidlig i prosjektets livsløp må planen ha med seg stor tidsusikkerhet. Det er derfor behov for tidsbuffer på nivå faseplan frem til en mer nøyaktig tidsplan kan fastlegges i slutten av forprosjektet.

Gjennom dette arbeidet har vi identifisert et forhåndstall som kan brukes tidlig i planleggingen for å vurdere hvor robust eller gjennomførbar en prosjektplan er på et gitt tidspunkt. Dette formålstallet er kun ment som et tidligsignal på om planen er tilstrekkelig robust eller ikke, det er ikke ment som en fasit på om planen er god nok.

«Hvordan bør man gå frem for å finne «optimaltid?» og ***«Når er det formålstjenlig og mulig å si noe rimelig fornuftig om hvor lang tid et prosjekt egentlig bør ta?»***

For å finne «optimaltid» må vi se på hva som påvirker varigheten i de forskjellige fasene. Eksempelvis kan man få forkorting av byggefasen om man klarer å øke omsetningen ved at flere aktiviteter skjer samtidig, men kun om det gjøres på de rette delene av prosjektet. Dette er trolig ønskelig sett i fra kundens- og brukerens perspektiv, men det er ikke sikkert at dette er det mest gunstige sett fra prosjektledelsens side ettersom en økning i månedsomsetningen ikke behøver å være det mest kostnadseffektive løsningen. Økt samtidighet krever mer av prosjektet og kan true prosjektets suksess. Sett fra prosjektledelsen sin side er det viktigere å få utnyttet prosjektet sine ressurser på en kostnadseffektiv måte. Det er viktig og ikke forveksle «optimaltid» med lik fart eller jevn belastning på alle aktiviteter over hele prosjektforløpet da dette ikke gir «optimaltid» verken for byggherre, prosjektledelsen eller brukeren.

Urgency – dvs. hvor fort trenger vi resultatet av prosjektet, betyr svært mye for hvordan man velger å gå inn i tema «optimaltid».

Det er ingenting som tyder på at byggherrekostnaden (som et mål på størrelse/omfang på organisasjonen og rigg) er vesentlig faktor fastleggelsen av varigheten på byggefasen- men den må

være tilstrekkelig stor til å håndtere beslutning og valg når byggefasen går over i den fasen hvor omsetningen mangedobles. Derimot representere det en begrensende faktor for maksfart, fordi det må være en tilstrekkelig kapasitet til å ta beslutningen for at byggherre ressursene blir en flaskehals. Byggherreorganisasjonens størrelse kan gi en pekepinn på *hvor* fort byggefasen kan gjennomføres (med kontroll), siden dette handler om å ha nok evne til å ta beslutninger og valg til rett tid. Videre kan dette gi en indikasjon på om prosjektplanen er realistisk, For eksempel: Var det realistisk at NTNU Campus kunne bygge opp en prosjektorganisasjon som skulle evne å ta beslutninger slik at man får til å omsette tilsvarende en middels skole per måned?

«Flat periodisering skjuler toppene i produksjonen»

Dataene vi har samlet inn fra reelle prosjekter viser at omsetningen i byggefasen har et forhåndstall på 4:1 mellom omsetningsnivå i en «høyomsetningsmåned» mot en «lavomsetningsmåned». Det å glatte produksjonen slik at man forbruker like mye penger gjennom hele prosjektet er normalt ikke mulig. Dataene vi har hentet inn viser at snittomsetningen per måned enten ligger langt under eller langt over gjennomsnittet for hele prosjektet. Omsetningen er typisk under gjennomsnittet før og etter byggefasen, og over betydelig over gjennomsnittet i deler av byggefasen – og høyest i perioden ca. 40 - 75 % ut i byggefasen. Det blir derfor aldri riktig å bruke gjennomsnittsomsetningen i tidsplanleggingen for alle faser samlet sett. For å kunne gjennomføre prosjektet optimalt, må prosjektet rigges slik at det kan håndtere omsetninger på tre til fire ganger høyere enn gjennomsnittsomsetningen i de travleste periodene (og samtidig være rasjonell med betydelig lavere omsetning i andre perioder).

Forholdstallet mellom høy og lav omsetning vi har peker på i denne rapporten er ikke en fasit på hvordan omsetning i prosjekter utvikler seg. Det er en observasjon av gjennomførte prosjekter. Vi mener at dette kan brukes som en tidlig indikasjon på hvor robust tidsplanen til store og mellomstore prosjekter er allerede tidlig i planleggingsfasen. Allerede på et tidlig tidspunkt kan man ta periodiserte omsetningstallet og spørre seg selv hvordan byggherreorganisasjonen ville respondere om omsetningen blir 3 til 5 ganger månedsgjennomsnittet.

Ideelt sett burde man i komplekse prosjekter vente til slutten av utviklingsfasen dvs. helt i slutten av forprosjektet før man angir forventet overleveringsdato. På samme måte som feil målsum skaper utfordring i samarbeidet mellom byggherre og entreprenør/rådgivere vil urealistisk kort eller lang varighet for byggefasen kunne skape betydelig problemer.

Tid er penger i store prosjekter – det er derfor minst like viktig å spørre seg – «hvor tidlig kan du starte?» som «når blir du ferdig?»

«***Et prosjekt som er optimalt er et prosjekt hvor man bygger så raskt som mulig når det er behov for det (urgency), samtidig som man ikke går på akkord med sikkerhet eller kvalitet. Dette innebærer bygge så tidsoptimalt som mulig, ikke for fort eller for langsomt. Hvis nytten kommer tidligere, vil det gi lavere tidsavhengige kostnader og uendret volumavhengige kostnader.»***

Referanseliste

Cilliers, P. (1998). *Complexity and postmodernism: Understanding complex systems*. Routledge.

Khang, D. B., & Myint, Y. M. (1999). Time, cost and quality trade-off in project management: a case study. International journal of project management, 17(4), 249-256.

Halkjelsvik, T., & Jørgensen, M. (2022). When 2 + 2 should be 5: The summation fallacy in time prediction. *Journal of Behavioral Decision Making*. https://doi.org/10.1002/bdm.2265

Haaskjold, H., Andersen, B., & Langlo, J. A. (2021). Dissecting the project anatomy: Understanding the cost of managing construction projects. *Production Planning & Control*, 1–22. https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1891480

Johansen, A., Eik-Andresen, P., Dypvik Landmark, A., Ekambaram, A., & Rolstadås, A. (2016). Value of Uncertainty: The Lost Opportunities in Large Projects. *Administrative Sciences*, *6*(3), 11. https://doi.org/10.3390/admsci6030011

Johansen, A., Landmark, A. D., Olshausen, F., van der Kooij, R., & Skappel, S. (2016). Time elasticity—Who and what determines the correct project duration? *Procedia Computer Science*, *100*, 586–593.

Kalsaas, B. T. (2017). *Lean construction forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Fagbokforl.

Landmark, A. D., & Johansen, A. (2016). *Studie av tidsdata i Statsbyggs prosjektportefølje* (F27877/2016; s. 41). SINTEF Teknologi og samfunn.

Rolstadås, A., Olsson, N., Johansen, A., & Langlo, J. A. (2020). *Praktisk prosjektledelse: Fra idé til gevinst*. Fagbokforlaget.

Steenberg, G., Berntsen, S., Rosseland, K. M., & Ågotnes, A. (2022). *Samlokaliseringsprosjektet ved Campus Ås—Ekstern evaluering. Rapport til Kunnskapsdepartementet og Kommunal- og moderniseringsdepartementet* [Ekstern evaluering]. Dovre Group Consulting.