

Sindre Øystese

Mengdeuttak fra modell til kostnads kalkyle i forprosjekt

Masteroppgave i studieretning Veg

Veileder: Ola Lædre

Medveileder: David Fürstenberg

Mai 2022

Sindre Øystese

Mengdeuttak fra modell til kostnads kalkyle i forprosjekt

Masteroppgave i studieretning Veg
Veileder: Ola Lædre
Medveileder: David Fürstenberg
Mai 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne hovedoppgaven er skrevet som en del av et erfaringsbasert masterprogram innen studieretning veg, ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim.

Opgaven er skrevet i samarbeid med det tverrfaglige konsultentselskapet Norconsult. Sammen med Norconsult har jeg funnet en problemstilling som er relevant for arbeidet med kostnadskalkyler internt i selskapet. Samtidig rettes fokuset mot behov for standardisering i bygg- og anleggsbransjen, som er tilpasset nye arbeidsmetoder hvor bruk av modeller står sentralt.

Inn i arbeidet med denne oppgaven har jeg med en ryggsekk. Tyngden på denne vil oppfattes ulikt avhengig av hvem man spør. Opp av denne ryggsekken har jeg uansett hentet motivasjonen til å forske på et tema som jeg har hatt gleden av å jobbe aktivt med i flere prosjekter siden jeg startet i Norconsult i 2019. Kostnadskalkyler og modeller i tidligfasen av store kostnadsstyrte prosjekter er det jeg har brukt mesteparten av denne tiden på. Som en relativt ung ressurs i selskapet har jeg på mange måter fått muligheten til å ha henda på roret i dette arbeid, noe jeg kan takke blant annet Gisle H. Fagerlid og Ole Fossen for.

Som kalkyleansvarlig i blant annet skisse- og forprosjektet for Ny lufthavn Bodø, har jeg høstet mye relevant erfaringer knyttet til koordinering av kalkulasjonsarbeid i store komplekse bygg- og anleggsprosjekter. Disse erfaringene har jeg forsøkt å ta med inn i arbeidet med denne oppgaven.

Jeg ønsker å takke professor Ola Lædre og PhD-kandidat David Fürstenberg for god veiledning gjennom hele oppgaveprosessen og ikke minst motivasjon til å fortsette arbeidet utover oppgaven. Jeg vil også rette en takk til alle i Norconsult som har vist interesse for problemstillingen, stilt opp til intervju og gledelig delt sine erfaringer.

Oslo, 13/5-22

Sindre Øystese

Sammendrag

Kostnadskalkyler er et egnet verktøy for å måle ytelsen til infrastrukturprosjekter. Estimering av kostnader i tidligfasen av et prosjekt er imidlertid en krevende øvelse. Ved gjennomføring av typiske infrastrukturprosjekter er det å lande på budsjett fortsatt regnet som gullstandarden, når det kommer til å måle prosjektets suksess.

Hensikten med denne oppgaven er å synliggjøre hvilke effekter man kan hente ved å knytte modell opp mot kostnadskalkyler i typiske infrastrukturprosjekter. For å ikke gå for bredt ut er oppgaven avgrenset til å omfatte forprosjektfasen i store prosjekter som er omfattet av *Statens Prosjektmodell* (kostnad > 1000 mill. nok.). Det er også utelukket å undersøke andre beskrivelsessystemer enn NS 3420.

Litteraturstudiet forsøker å belyse hvordan balanse mellom prosess, teknologi og mennesker er avgjørende for vellykket digitalisering. Det fremlegges hvordan man tradisjonelt har jobbet med mengdeuttak til kostnadskalkyler og i hvilken retning det går ved bruk av nye prosesser støttet av teknologiske verktøy.

Utover litteraturstudien har det blitt utført en case-studie knyttet til kalkulasjonsmetodikk på Ny lufthavn Bodø-prosjektet, samt en rekke semistrukturerte dybdeintervjuer. Ny lufthavn Bodø-prosjektet er et stort infrastrukturprosjekt for Avinor. I dette prosjektet er det blant annet utført pilotøvelser knyttet til modellbaserte kostnadskalkyler i forprosjektfasen. Empirien i denne studien har blitt nøye utvalgt basert på oppgavens problemstilling med tilhørende underbyggende forskningsspørsmål. Som ferske resultater fra et reelt prosjekt anses empirien å være svært relevant for oppgaven.

Denne studien viser at det er mange potensielle positive effekter ved innføring av modellbaserte kostnadskalkyler i forprosjektfasen. Ved bruk av modell vil man i større grad sikre 1:1-forhold mellom mengdeunderlag og kostnadselementer i kostnadskalkylen, noe som vil sikre økt kvalitet på dokumentasjonen. Man vil i større grad kunne bruke tid på kvalitetssikring fremfor manuelt repetitive operasjoner i kalkulasjonsarbeidet. Tidsbruk ved iterative kostnadsvurderinger har også potensiale for å bli vesentlig redusert og kan dermed føre til at kostnadsestimater i større grad styrer prosjekteringen.

Disse effektene kommer imidlertid med en rekke forutsetninger. Det fremkommer nokså tydelig i denne oppgaven at det er behov for et rammeverk for koding av kostnadselementer. Det er derfor undersøkt om kodesystemet i NS 3420, som allerede eksisterer i dag, egner seg for dette formålet. Resultatene tilsier at kodesystemet er bygget på en slik måte at selve NS 3420-koden ikke nødvendigvis representerer de prisdrivende faktorene til NS 3420-posten. Samtidig harmonerer ikke detaljeringsgraden i typiske forprosjektmodeller med informasjonen som er nødvendig for å definere typiske NS 3420-koder. NS 3420-rammeverket vil i praksis derfor ikke fungere til dette formålet.

Et nytt rammeverk for koding av modellobjekter med hensyn på kostnadskalkulasjon er nødvendig for å kunne høste noen av de positive effektene. Det er flere aktører som har incentiver for etablering av et slikt rammeverk, noe som øker risikoen for at oppgaven faller mellom to stoler. Det kan resultere i at ingen gjør noe og utviklingen stagnerer. Alternativt ender man opp med egendefinerte firmastandarder internt i de selskapene som ser de potensielle gevinstene.

Abstract

Cost estimates are a suitable tool for measuring the performance of infrastructure projects. However, estimating costs in the early stages of a project is a demanding exercise. When executing typical infrastructure projects, landing on a budget is still considered the gold standard, when it comes to measuring the project's success.

The purpose of this thesis is to make visible the effects that can be obtained by linking the model to cost estimates in typical infrastructure projects. In order not to go too far, the task is limited to include the preliminary phase in large projects that are covered by *Statens Prosjektmodell* (cost > NOK 1,000 million). It is also excluded to examine description systems other than NS 3420.

The literature study attempts to shed light on how balance between process, technology and people is crucial for successful digitization. It is presented how one has traditionally worked with quantity takeoff for cost calculations and in which direction it goes with the use of new processes supported by technological tools.

In addition to the literature study, a case study on calculation methodology at the new Bodø airport-project has been done, as well as several semi-structured in-depth interviews. The new airport in Bodø is a major infrastructure project for Avinor. In this project, pilot exercises with model-based cost calculations in the preliminary phase have been executed. The empirical data in this study have been carefully selected based on the thesis statement, with associated underlying research questions. As recent results from a real project, the empirical data is considered to be very relevant to the thesis.

This study shows that there are many potential positive effects of introducing model-based cost calculations in the preliminary phase. By using a model, you will to a greater extent ensure a 1:1 ratio between the quantity data and cost elements in the cost estimate, which will ensure increased quality of the documentation. It will be possible to spend more time on quality assurance rather than manually repetitive operations in the calculation work. Time spent on iterative cost assessments also has the potential to be significantly reduced and can thus lead to the point where cost estimates to a greater extent is controlling the design.

However, these effects come with several prerequisites. It is quite clear in this thesis that there is a need for a framework for coding cost elements. It has therefore been investigated whether the coding system in NS 3420, which already exists today, is suitable for this purpose. The results indicate that the coding system is built in such a way that the NS 3420 code itself does not necessarily represent the price-driving factors of the NS 3420 post. At the same time, the level of detail in typical preliminary phase models does not harmonize with the information needed to define typical NS 3420 codes. In practice, the NS 3420 framework will therefore not function for this purpose.

A new framework for coding model objects regarding cost calculation is necessary to be able to reap some of the positive effects. There are several different actors who have incentives for establishing a framework, which increases the risk that the task falls between two stools. This can result in no one doing anything and development stagnating. Alternatively, we will end up with custom company standards internally only in the companies that see the potential advantages.

Innhold

Forord	v
Sammendrag	vi
Abstract	vii
Innhold	viii
Figurer	x
Tabeller	x
Forkortelser/definisjoner	xi
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål	1
1.3 Omfang og avgrensninger	2
2 Teori	3
2.1 Digitalisering i byggebransjen	3
2.2 Kalkulasjonsprosessen	4
2.3 Teknologiske hjelpemidler	7
2.4 Mennesker som gjør jobben	9
3 Metode	11
3.1 Forskningsdesign	11
3.2 Oppgavens undersøkelser	12
3.2.1 Litteraturstudie	12
3.2.2 Dokumentstudie	13
3.2.3 Casestudie	14
3.2.4 Kvalitative intervjuer	15
3.3 Metode- og kildekritikk	18
3.4 Analyse av data	18
4 Resultater	19
4.1 Rammeverk (dokumentstudie)	19
4.2 Prosess (intervjuer og casestudie)	23
4.2.1 Arbeids- og ansvarfordeling	23
4.2.2 Struktur i kostnads kalkylen	26
4.2.3 Faser og detaljeringsgrad	29
4.2.4 Informasjonsbehov	30
4.2.5 Iterative prosesser	30
4.3 Teknologi (intervjuer og casestudie)	31
4.3.1 Verktøy og praksis	31

4.3.2	Standardisering	33
4.3.3	Automatisering	34
4.3.4	Visualisering	36
4.4	Mennesker (intervjuer og casestudie)	38
4.4.1	Skjønn.....	38
4.4.2	Kost-/nyttevurderinger	38
4.4.3	Endringsholdning	39
5	Diskusjon.....	40
5.1	Rammeverk.....	40
5.2	Prosess	42
5.2.1	Arbeids- og ansvarsfordeling	42
5.2.2	Faser og detaljeringsgrad	43
5.2.3	Struktur i kostnads-kalkylen	44
5.2.4	Informasjonsbehov.....	44
5.2.5	Iterative prosesser	44
5.3	Teknologi	45
5.3.1	Verktøy og praksis	45
5.3.2	Standardisering	46
5.3.3	Automatisering	46
5.3.4	Visualisering	47
5.4	Mennesker	47
5.4.1	Skjønn.....	47
5.4.2	Kost-/nyttevurderinger	48
5.4.3	Endringsholdning	48
6	Oppsummering og konklusjon	49
6.1	Oppgavens validitet og reliabilitet.....	49
6.2	Teoretisk bidrag	49
6.3	Praktisk bidrag.....	50
6.4	Videre arbeid	52
	Referanser.....	53
	Vedlegg.....	56

Figurer

Figur 1 Viktigheten av de tre nøkkelkomponentene (Shelbourn <i>et al.</i> , 2007).....	3
Figur 2 To mål på vellykkethet i prosjekter (Samset, 2014, s. 23)	4
Figur 3 Påvirkningsmulighet med hensyn på fase (Samset, 2014, s. 48).....	5
Figur 4 Prosess for modellbasert mengdeuttak (Choi, Kim og Kim, 2015, s. 19)	7
Figur 5 Helhetsplan for den nye lufthavnen i Bodø	15
Figur 6 Validitet og reliabilitet - fokus versus presisjon (Samset, 2014)	18
Figur 7 Postgrunnlagets bestanddeler.....	20
Figur 8 Eksempel på NS 3420-post – Sandfangskum.....	20
Figur 9 Eksempel på NS 3420-post - Utendørs vannledning	21
Figur 10 Organisasjonsplan for forprosjekt Ny lufthavn Bodø.....	24
Figur 11 Øverste nivå i kontoplan iht. NS 3453.....	26
Figur 12 Kontoplan for hovedkalkylen i Ny lufthavn Bodø-prosjektet	26
Figur 13 Kontoplan for underkalkyle for terminal	27
Figur 14 Oversikt over grensesnittaktører i kostnads-kalkylen.....	28
Figur 15 Et kostnadselement representerer flere prislinjer	29
Figur 16 Eksempel på bruk av IFC Link.....	32
Figur 17 Kostnadselementer generert basert på IFC Link	34
Figur 18 Visning av kostnadselement/modellobjekt i modellvisning	37
Figur 19 Heatmap - Visualisering av kostnadselementer basert på totalsum.....	37
Figur 20 Heatmap - Visualisering av kostnadselementer basert på enhetspris	37

Tabeller

Tabell 1 Kvalitativ og kvantitativ metode (Samset, 2014), (Tjora, 2021)	11
Tabell 2 Oversikt over søkeord i litteratursøk	13
Tabell 3 Resultat fra bakover snøballing	13
Tabell 4 Hovedoppstilling av kostnader på kontonivå 1	22
Tabell 5 Identifisering av mengder per disiplin/utbyggingsområde	25
Tabell 6 Andel kostnadselementer/kostnader automatisk generert fra modell i U4	35

Forkortelser/definisjoner

BAE-sektoren	Bygg-, anleggs- og eiendomssektoren
Basiskostnad	Summen av samtlige kostnader for prosjektet eksklusive avsetninger til forventet tillegg, usikkerhetsavsetning og eksklusive prisregulering
CAD	Computer-aided design / Dataassistert konstruksjon
Egenskap	Ofte omtalt som informasjonsparameter, attributt, tag, parameter eller property. Representerer navnet på en egenskap som har en verdi.
Egenskapssett	Ofte omtalt som egenskapssett, fane, informasjonsparametersett eller property set. Representerer et sett med en eller flere unike egenskaper.
Elementregister	En database bestående av kostnadselementer
Entreprisekostnader	Alle entreprenørens kostnader eksklusive merverdiavgift
Felleskostnader	Entreprenørens kostnader knyttet til rigg, drift, byggeplassadministrasjon og tilsvarende ytelser
Forventet tillegg	Avsetning og tillegg utover basiskostnad for å oppnå ønsket sikkerhet for prosjektkostnaden
Grunnkalkyle	Summen av mest sannsynlige verdi for alle kostnadsposter
Huskostnad	Entreprisekostnad eksklusive utendørs
IFC	Industry Foundation Classes, et åpent standardisert dataskjema for utveksling av modeller
Kontoplan	Strukturen/oppbygningen av kostnadskalkylen.
Kostnadselement / element	Nest laveste nivå i en kostnadskalkyle. Et kostnadselement består av enten én eller flere prislinjjer. Begrepet stammer fra ISY Calcus.
Kostnadsramme	Summen av basiskostnad, forventet tillegg og usikkerhetsavsetning
KS2	Kvalitetssikring av forprosjektets styringsunderlag og kostnadsoverslag
Modell	I denne oppgaven defineres modell som geometri med egenskaper/informasjon.
Modellobjekt	Et valgbart objekt i en modell
Mva	Merverdiavgift
Nedenfra-opp-estimering	Summerer alle elementer på det mest detaljerte tilgjengelige nivået
Ovenfra-ned-estimering	Vurderer nøkkeltall på et overordnet nivå
Prislinje	Laveste nivå for enhetspriser. Representerer som regel en NS 3420-post. Begrepet stammer fra ISY Calcus.
Prisregister	En database bestående av prislinjjer
Prosjektkostnad	Summen av basiskostnad og forventet tillegg
QTO	Quantity Takeoff
R&D	Rigg og drift
U	Utbyggingsområde
Usikkerhetsavsetning	Avsetning utover prosjektkostnad for å oppnå ønsket sikkerhet mot overskridelse av kostnadsrammen
Uspesifiserte kostnader	Kostnader som ikke er kartlagt på grunn av manglende detaljeringsgrad

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I stadig flere bygg- og anleggsprosjekter velger man å benytte modeller som arbeidsgrunnlag fremfor tegninger. Modellene inneholder modellobjekter som representerer både geometri og informasjon. I modelleringsverktøyene kan informasjon som er relevant for kostnadskalkulasjon i en forprosjektfase, tilføres til hvert enkelt modellobjekt. Videre kan modellen overføres til et kalkulasjonsverktøy som tolker informasjonen inkludert mengder og knytte disse modellobjektene opp mot definerte kostnadselementer.

For at det skal være formålstjenlig å koble modell med kostnadskalkyle er det helt avgjørende at riktig modellobjekt kobles til riktig kostnadselement. Aller helst bør kostnadskalkulasjon med kobling til modell i stor grad foregå automatisk, slik at rådgivere kan bruke tiden til å kvalitetssikre resultatet, fremfor å utføre repetitive arbeidsoperasjoner som i dag. Slik automatikk fordrer god struktur.

Hva er problemet?

Det ser ikke ut til at Akademia har dokumentert at det eksisterer et rammeverk som fungerer for å koble modellobjekter med kostnadselementer i tidligfase. En standard for koding av modellobjekter til dette formålet, ser ikke ut til å eksistere. Hver enkelt rådgiver utvikler derfor egendefinerte systemer, men har for knapt med tid til å se på totaliteten. Og man unngår derfor å vurdere hvordan for eksempel respektive disipliner blir ivaretatt. Systemene som utvikles ad hoc for pågående unike prosjekter er derfor ikke overførbare til andre prosjekter.

NS 3420 og Proseskoden (Statens Vegvesen/Bane NOR) ble utviklet i en tid hvor mengdegrunnlag var basert på tegninger, ikke modell. Gjenbruk av en slik standardisert struktur vil kunne bidra til å gjøre metodikken med modellbasert kostnadskalkyle mer attraktiv enn den er per i dag. Derfor skal jeg se på forskningsspørsmålene som er listet under.

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Opgaven baserer seg på en overordnet problemstilling. For å belyse denne problemstillingen er det definert to underbyggende forskningsspørsmål.

Problemstillinger lyder som følger:

Hvilke effekter er det mulig å hente ut ved å knytte modellen opp mot kostnadskalkylen i forprosjektfasen ved gjennomføring av typiske infrastrukturprosjekter?

Forskningsspørsmålene lyder som følger:

Hvordan utføres mengdeuttak til kostnadskalkyler i dag ved prosjektgjennomføring av typiske infrastrukturprosjekter?

Hvordan bør modeller kobles opp mot kostnadskalkyler ved prosjektgjennomføring av typiske infrastrukturprosjekter?

1.3 Omfang og avgrensninger

Jeg har hatt et særskilt fokus på forprosjektfasen slik den er beskrevet i Statens Prosjektmodell (vedlegg 2), hvor det normalt sett utarbeides kostnadskalkyle som underlag for investeringsbeslutning. Videre har jeg valgt å konsentrere meg om en nedefra-opp og ikke ovenfra-ned-tilnærming, som kanskje er vel så normalt i tidligfase.

I praksis opplever jeg at man ofte har fritt spillerom til å velge hvilken struktur man vil ha for kostnadselementene i en kostnadskalkyle, avhengig av om byggherren setter krav eller ikke. Av hensyn til oppgavens omfang har jeg valgt å konsentrere meg om kostnadsberegning som forholder seg til NS 3420 kodestruktur. Med det utelukkes prosesskoden til Statens Vegvesen og Bane NOR. Videre har jeg valgt å konsentrere meg om konto 2-7 iht. kontoplan i NS 3453, vist i Tabell 4. I praksis har jeg dermed utelukket å vurdere felleskostnader, generelle og spesielle kostnader, merverdiavgift, forventet tillegg, usikkerhetsavsetning og prisregulering iht. NS 3453. Jeg har ikke tatt stilling til entreprisform da dette normalt ikke påvirker grunnkalkylen, nærmere bestemt konto 2-7 iht. NS 3453. Oppgaven går heller ikke inn på vurdering av enkeltstående enhetspriser.

Jeg vil ikke vurdere ulike beregningsmotorer for mengdeberegning og hvordan disse kan påvirke tolkning av geometrien i modellene som utarbeides. For eksempel GProg, Solibri og Revit sine beregningsmotorer kan gi ulike resultater ved geometrisk mengdeberegning. Det er derfor en forutsetning at mengder som rapporteres fra modeller er beregnet korrekt i modellerings- eller kalkulasjonsverktøyet som benyttes.

Selv om casestudien omtaler bruk av spesifikk programvare, har jeg valgt å ikke vurdere modellerings- og kalkulasjonsverktøyenes egnethet sammenlignet med andre verktøy på markedet. Den valgte casen har involvert mer enn 20 disiplinområder i kalkulasjonsarbeidet. I denne oppgaven er imidlertid kun følgende disipliner utforsket: konstruksjon og teknisk infrastruktur.

Jeg har valgt å konsentrere meg om hvordan Norconsult som rådgivningsselskap utfører kalkylearbeid og ikke utforsket andre organisasjoners gjeldende praksis.

2 Teori

Dette kapittelet danner det teoretiske grunnlaget for å vurdere og diskutere oppgavens problemstilling. Kapittelet er delt i fire, hvorav det første delkapittelet forsøker å belyse bakgrunnen for inndelingen av de resterende tre delkapitlene.

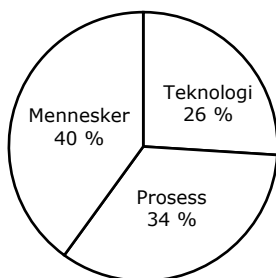
2.1 Digitalisering i byggebransjen

I det 21. århundre har anerkjente forskningsresultater og bygg- og anleggsbransjen selv vist at næringen må omfavne nye måter å jobbe på, for å forbli konkurransedyktige og møte kundenes stadig mer krevende behov (Shelbourn *et al.*, 2007). I byggebransjen har man tidligere tenkt at det å implementere nye teknologiske verktøy vil gi signifikante forbedringer i seg selv, uten å integrere «myke» aspekter (Dave *et al.*, 2008; Hardin og McCool, 2015).

Flere studier har løftet blant annet disse tre nøkkelkomponenter som forutsetning for vellykket digitalisering i organisasjonene (Wilkinson, 2005; Morgan og Liker, 2006; Shelbourn *et al.*, 2007; Dave *et al.*, 2008; Mêda *et al.*, 2020; Hardin og McCool, 2015):

- Prosess (kapittel 2.2)
- Teknologi (kapittel 2.3)
- Mennesker (kapittel 2.4)

Wilkinson (2005) sier at vellykket samarbeid krever en kombinasjon av disse tre komponentene, hvor 80% er mennesker og prosesser, mens teknologi/informasjon står for 20%. Fordelingen vil naturligvis variere noe, men han påpeker at tyngden alltid vil ligge på mennesker og prosesser. Dette viser at man er nødt til å vie oppmerksomhet til disse «myke» utfordringene såvell som de teknologiske (Shelbourn *et al.*, 2007; Wilkinson, 2005; Hardin og McCool, 2015).



Figur 1 Viktigheten av de tre nøkkelkomponentene (Shelbourn *et al.*, 2007)

Shelbourn *et al.* (2007) finner også bekreftende svar i sine intervjuresultater. Respondentene mener mennesker utgjør det viktigste aspektet i et vellykket samarbeid, etterfulgt av henholdsvis prosess/prosedyrer og teknologi, som vist i Figur 1. Mêda *et al.* (2020) og Hardin og McCool (2015) er tydelige på at nye innovasjonsprosesser må ivareta nøkkelkomponentene og at suksess eller fiasko avhenger av balansen mellom disse og interessentene.

På bakgrunn av ovennevnte innledende teorigrunnlag og forskningsspørsmålene klart i minnet, forsøker kommende delkapitler å forholde seg til de tre nøkkelkomponentene; prosess, teknologi og mennesker.

2.2 Kalkulasjonsprosessen

Dette delkapittelet forsøker å gjengi litteratur som beskriver hvorfor kalkulasjonsprosessen i tidligfase er en viktig del av vellykkede prosjekter. Dette kan gi grunnlag for å vurdere hvorvidt det er verdt å investere tid i videreutvikling av dagens kalkulasjonsmetoder. Det redegjøres for muligheter ved bruk av modell i kalkulasjonsprosessen, spesielt med hensyn til mengdeuttak, og hvordan ulike forskere har forsøkt å svare på typiske problemstillinger som dukker opp i denne sammenheng.

Prosess

En prosess handler om å komme seg fra A til B. Prosessen er en systematisk beskrivelse av hvilke aktiviteter som må gjennomføres for å skape et ønsket resultat. Uten definerte prosesser som støtter beslutningene, vil mennesker bli ineffektive i sitt arbeid. Nye teknologiske verktøy har ofte til hensikt å forenkle eller forbedre og støtte prosessen. Dersom man ikke endrer prosessen ved bruk av nye verktøy, kan det derfor både hemme suksess og føre til frustrerte brukere (Hardin og McCool, 2015).

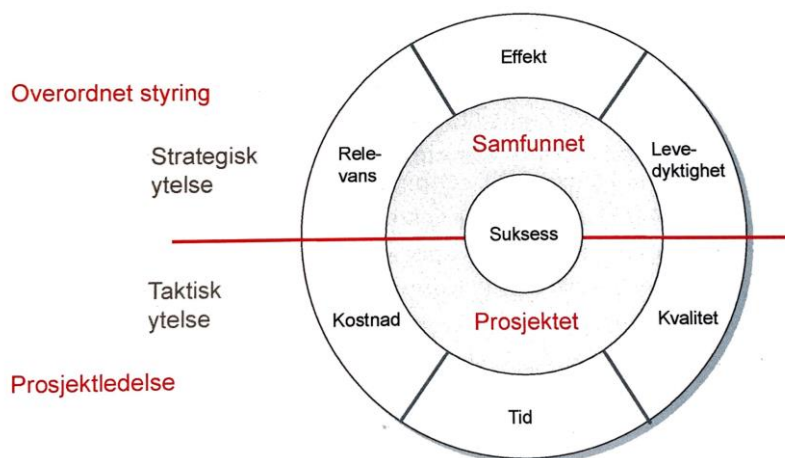
Litt om vellykkede prosjekter

Man kan si at prosjekter i mer eller mindre grad er vellykket. For å vurdere vellykketheten må man likevel definere noen kriterier. Den amerikanske bistandsorganisasjonen USAID sammenfattet på 1960-tallet fem suksesskriterier for prosjekter som skal realiseres, og som senere ble vedtatt som retningsgivende for prosjektvirksomheten i FN, OECD og EU. Disse suksesskriteriene ble betegnet som prosjektets *effektivitet, måloppnåelse, relevans, virkninger og levedyktighet* (Samset, 2014).

Med utgangspunkt i de definerte suksesskriteriene innfører Samset (2014) vurdering av såkalt *taktisk ytelse* og *strategisk ytelse*, vist i Figur 2. Disse vurderingene kan til en viss grad omtales som henholdsvis kortsiktig- og langsiktig vellykkethet.

«Taktisk ytelse er et uttrykk for om prosjektledelsen har lyktes i å gjennomføre prosjektet. Det er spørsmålet om å levere prosjektets resultater som avtalt» (Samset, 2014, s. 22-23)

«Strategisk ytelse gjelder spørsmålet om prosjektet er levedyktig og relevant gjennom hele levetiden» (Samset, 2014, s. 23)

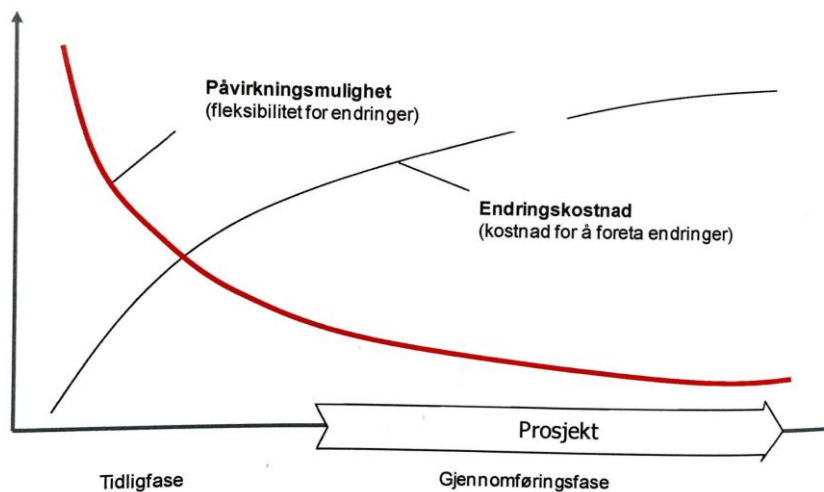


Figur 2 To mål på vellykkethet i prosjekter (Samset, 2014, s. 23)

Kostnader får gjerne den største oppmerksomheten ved gjennomføring av prosjekter og kan være selve nådestøtet, som medfører at man må omprioritere drastisk og endre premisser underveis i prosjektgjennomføringen. Som kvantitativ styringsparameter er kostnad egnet for ansvarliggjøring og måling av både fremdrift og resultatoppnåelse (Samset, 2014).

Kostnadskalkulering i tidligfase

Noen vil karakterisere kostnadsestimering som en prosess hvor man forsøker å se inn i glasskula. Å lande på budsjett ved gjennomføring av typiske bygg- og anleggsprosjekter er fortsatt regnet som gullstandarden, når det kommer til å måle prosjektets suksess (Elghaish *et al.*, 2020). Med andre ord er nøyaktige kostnadsestimater helt avgjørende for den taktiske ytelsen i et prosjekt, og vil være et av prosjektledelsens viktigste redskap i kostnadsstyrt prosjektutvikling. Iterative kostnadsprosesser underveis i et forprosjekt er essensielt for å kunne følge utviklingen i prosjekteringen og ta grep dersom det skulle være nødvendig, med hensyn til kostnadsutvikling i uønsket retning (Elbeltagi *et al.*, 2014).



Figur 3 Påvirkningsmulighet med hensyn på fase (Samset, 2014, s. 48)

Den største usikkerheten knyttet til kostnadskalkulasjon finner sted i de tidlige fasene av prosjektet, nemlig idé-, konsept- og forprosjektfasene (Elghaish *et al.*, 2020; Samset, 2014).

«Muligheten for påvirkning er størst tidlig i prosjektet, og kostnadene ved å gjøre vesentlige endringer i løpet av prosjektet øker desto lenger ut i prosessen de foretas» (Samset, 2014, s. 48) – se Figur 3.

Disse fasene er preget av alternativsvurderinger og kontinuerlige justeringer av prosjektets omfang. Det overordnede tankesettet i tidligfase begrenser muligheten til å dykke ned i detaljene og f.eks. regne ut eksakt antall bolter og muttere som vil gå med i prosjektet.

Iterative prosesser

Prosjektering av løsninger er under konstant utvikling i tidligfasen. Mangel på fortløpende vurderingen av kostnadskonsekvenser underveis, gjør det utfordrende å utarbeide en helhetlig og optimal løsning i tidligfase. Cheung *et al.* (2012) mener det er et klart behov for et system hvor de som prosjekterer løsningene får sanntidstilbakemeldinger på hvilke

konsekvenser valgene de tar medfører, i blant annet et kostnadsperspektiv. Tidsforsinkelsen man har mellom disse viktige tilbakemeldingene i dag, gjør prosessen iterativ, tidkrevende og lite effektiv.

Struktur

I prosjekter av en viss størrelse fordeles gjerne ansvar for å regne ut mengder til prosjektets kostnadselementer på respektive disipliner. I mangel på omforente standarder, rapporteres stadig mengder på ulike formater. Det kan være alt fra exceldokumenter til opplistinger per epost. Dette medfører store utfordringer når kalkyleansvarlig skal sammenstille rapporterte mengder og informasjon i en omforent kalkylestruktur. Mangel på offisielle standarder for mengdeuttak til kostnadskalkyler er en av hovedgrunnene til at det ofte blir uoversiktlig rapportering av mengder i forbindelse med kalkulasjonsarbeidet (Monteiro og Martins, 2013).

Begrenset detaljeringsgrad

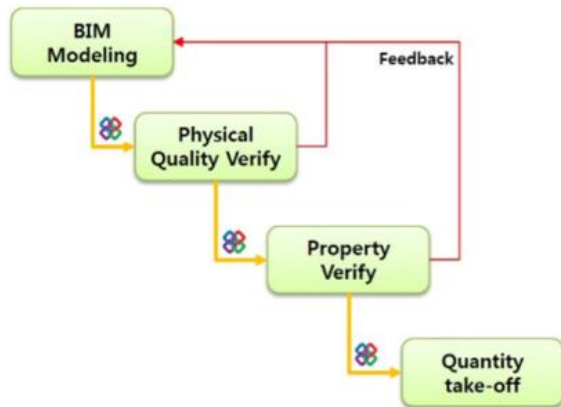
Cheung *et al.* (2012) beskriver en metode og et system for kostnadsestimering i tidligfase som benytter fire ulike nivåer avhengig av tilgjengelig detaljeringsgrad i modellen. Disse fire nivåene representerer hver sin prisdatabase. Det minst detaljerte nivået forholder seg til massemodeller (volumer), mens det mest detaljerte nivået ivaretar spesifikke bygningsobjekter, som for eksempel egendefinerte veggtyper. Kalkulasjonsfunksjonaliteten er integrert i modelleringsverktøyet, noe som gjør at man kan følge kalkulasjonsprosessen i sanntid. Systemet kombinerer de ulike nivåene for kalkulasjon avhengig detaljeringsgraden på respektive modellobjekter.

Et lignende system anvendes i Tsjekkia, der man benytter ulike prisdatabaser som er tiltenkt for ulike deler av tidligfasen. Kostnadselementene er aggregert til et fornuftig nivå med hensyn på hvilken detaljeringsgrad man har på respektive stadier (Vitásek og Matějka, 2017).

Mengdeuttak

Mengdeuttak i et prosjekt tjener flere formål og er en av de viktigste arbeidsoperasjonene som utføres under prosjektering. Tradisjonelt har mengdeuttak i prosjekt vært en manuell prosess basert på tegningsgrunnlag. Det er verdt å merke seg at tegningsgrunnlaget også har blitt utarbeidet manuelt. En slik kombinasjon av slike menneskelige, manuelle arbeidsoperasjoner øker risikoen for at feil oppstår (Fazeli *et al.*, 2021; Monteiro og Martins, 2013).

Choi, Kim og Kim (2015) foreslår en prosess som baserer mengdeuttak på modeller. Denne prosessen, illustrert i Figur 4, består av fire steg og leder frem til et kvalitetssikret mengdeuttak. Før modellen som utarbeides kan overføres til kalkyleverktøyet, skal den gjennom en geometrisk kvalitetskontroll og en kontroll av informasjon i form av egenskaper per modellobjekt.



Figur 4 Prosess for modellbasert mengdeuttak (Choi, Kim og Kim, 2015, s. 19)

Ved å flette modellen inn i kostnads kalkylen vil arbeidsoppgavene til en kalkulator endres drastisk. Fra å generere mengdelister manuelt, vil man gå over til å analysere og kvalitetssikre mengdene man får overlevert. Med riktig kompetanse vil kalkulatøren også kunne benytte modellen som underlag for øvrige kostnadselementer, som ikke kan automatiseres eller hentes direkte fra modellen (Vitásek og Matějka, 2017).

Refleksjon

Dette delkapittelet har forsøkt hvordan litteraturen konstaterer at innføring av nye verktøy fordrer endring av eksisterende prosesser. Og dersom man ikke endrer prosessen kan det både hemme suksess og føre til frustrerte brukere. Videre er det redegjort for noen suksesskriterier for vellykkede prosjekter med hensyn til taktisk ytelse, hvor kostnadsestimater er et essensielt redskap for prosjektstyring. Det er presentert typiske utfordringer knyttet til detaljeringsgrad i tidligfase og hvordan ulike forskere foreslår å møte disse ved bruk av modeller og tilrettelagte rammeverk.

2.3 Teknologiske hjelpemidler

Dette delkapittelet forsøker å redegjøre for ulike teknologi som benyttes i forbindelse med kalkulasjonsprosessen. Behov for omforente rammeverk synliggjøres basert på litteraturen. Dette gir blant annet grunnlag for å vurdere om teknologien er moden og eventuelt hva som bør etableres eller videreutvikles.

Teknologi

Teknologiske verktøy blir stadig mer integrert i tidligfasevurderinger og -aktiviteter. De hjelper blant annet med planlegging, logistikk, estimering, analyser og ikke minst visualisering (Hardin og McCool, 2015).

Tradisjonelle mengdeuttak

I tradisjonelle prosjekter utarbeides tegninger, ved hjelp av ulike CAD-verktøy, som underlag for mengdeuttak. Mengdeuttaket skjer ved å analysere de fagspesifikke tekniske tegningene som for eksempel plantegninger, tverrsnittstegninger og lengdeprofiler. (Fazeli *et al.*, 2021; Monteiro og Martins, 2013).

Det kan være flere grunner til at man fortsatt benytter tradisjonelle metoder og verktøy for mengdeuttak, selv om nye er introdusert. Det kan blant annet være mangelfulle rammeverk eller inkompatibilitet mellom modell og kalkulasjonssystem (Vitásek og Matějka, 2017).

Nye metoder med modell

En av de mest verdifulle egenskapene til modeller er at de muliggjør å hente ut mengder, arealer og volumer (Hardin og McCool, 2015). Det betyr imidlertid ikke at det er rett frem. Firat *et al.* (2010) mener det er viktig å bygge opp modellene på en slik måte at det er mulig å utføre mengdeuttaket på en enkel og intuitiv måte, dersom det skal være effektivt og formålstjenlig.

Skal man automatisere prosessen med modellbasert kostnads kalkulasjon forutsetter det at man har en modell som representerer et mengdeuttak og en prisdatabase som inneholder aktuelle kostnadselementer. Et rammeverk som definerer hvordan modellobjekter skal klassifiseres for å kunne bli knyttet opp mot korrekte kostnadselementer er også helt essensielt (Choi, Kim og Kim, 2015; Vitásek og Matějka, 2017; Monteiro og Martins, 2013). Industry Foundation Class-formatet (heretter kalt IFC), som er et åpent format, er i dag mye brukt til å overføre informasjon om modellobjekter til ulike kalkyleverktøy (Monteiro og Martins, 2013).

Detaljeringsgrad i modell

Ved bruk av modeller som grunnlag for kostnads kalkulasjon må disse behandles med varsomhet. Detaljeringsgraden i modellen, må være definert før man kan være trygg på at informasjonen og mengdene man skal hente ut er nøyaktige og at eventuelle feilkilder er håndtert. Det er spesielt viktig å være oppmerksom på ulike grader av detaljering innad i modellene (Hardin og McCool, 2015; Firat *et al.*, 2010; Choi, Kim og Kim, 2015).

Jobben med å tilføre all informasjon i modell som er nødvendig for kostnads kalkulasjon, vil øke tidsbruk knyttet til modelleringsarbeidet. Det er likevel slik at modeller vanligvis inneholder mye av den informasjonen man har behov for (Vitásek og Matějka, 2017). Det koker uansett ned til at kostnads kalkylen kun kan bli så god som informasjonen den baseres på (Hardin og McCool, 2015). Unøyaktige modeller vil medføre unøyaktige mengdeuttak. Og unøyaktighet knyttet til mengder som hentes ut fra modell forårsakes i stor grad av ufullstendighet/manglende detaljering (Khosakitchalert, Yabuki og Fukuda, 2019).

Verktøy som kommuniserer basert på rammeverk

Det er per i dag gjort et godt stykke forskningsarbeid knyttet til modellbasert kostnads kalkulasjon (Fazeli *et al.*, 2021). Mengdeuttak fra modell kan utføres ved hjelp av de aller fleste modelleringsverktøy. Utveksling av informasjon mellom modell og kostnads kalkyle skjer gjerne ved å konvertere modellen til et åpent format, som f.eks. IFC, for så å importere dette inn i kalkulasjonsverktøyet (Monteiro og Martins, 2013). Et annet alternativ kan være å utføre mengdeuttaket til en excelrapport, for så å overføre inn i kalkulasjonsverktøyet (Elghaish *et al.*, 2020). Fazeli *et al.* (2021) påpeker imidlertid at de ikke har funnet tidligere studier som har foreslått et rammeverk tilrettelagt for automatisert mapping mellom modellobjekter og kostnadselementer, ved bruk av omforente standarder for klassifisering som er compatible med modeller.

Sacks *et al.* (2018) beskriver hvordan man kan benytte modell som underlag for mengdeuttak i alle prosjekteringsfaser. I tidligfase kan kostnadselementer som ikke er tilstrekkelig modellert fanges opp ved å benytte såkalte reseptmengder som er basert på modellerte nøkkelkomponenter. Etter hvert som prosjekteringen skrider frem vil detaljeringsgraden i modellen øke, som igjen påvirker detaljeringen og nøyaktigheten i kostnads kalkylen (Sacks *et al.*, 2018; Elghaish *et al.*, 2020).

Ved å automatisere generering av mengdelister vil man eliminere feilkilder man har ved dagens manuelle metoder. Per i dag er modell kanskje den beste metoden for å innføre en slik automatiseringsprosess. Automatisering av repetitive prosesser fordrer imidlertid en standardisert struktur (Monteiro og Martins, 2013), som per i dag ikke etablert (Fazeli *et al.*, 2021).

Mangel på rammeverk

I BAE-sektoren gjenstår det fortsatt å få globale offisielle standarder som regulerer ulike prosesser. Mengdeuttak i prosjekter er en av prosessene som virkelig mangler standardiserte rutiner, da veldig mange aktører innfører og tar i bruk sine egne retningslinjer og metoder. Dette resulterer gjerne i konflikter hva angår kostnadskalkulasjon (Monteiro og Martins, 2013).

Refleksjon

I dette delkapittelet er det redegjort for hvordan man kan benytte modeller som underlag for mengdeuttak til kostnadskalkyler og noen forutsetninger som må være oppfylt for at verktøy skal kunne bidra til effektive prosesser. Det kommer blant annet frem at det er behov for å etablere et omforent rammeverk som knytter modellobjekter i modell med kostnadselementer i kostnadskalkylen. Uten et slik rammeverk vil man ha utfordringer med å automatisere repetitive prosesser.

2.4 Mennesker som gjør jobben

Dette delkapittelet forsøker å belyse hvordan forskningslitteraturen påpeker behov for fremoverlente og teknologiske kompetente mennesker, dersom man skal lykkes ved innføring av nye kalkulasjonsmetoder med bruk av nyere teknologi. Disse tankene vil være helt essensielle i diskusjonen rundt hvordan modellbasert mengdeuttak bør innføres som kalkulasjonsmetodikk i en organisasjon.

Mennesker med et fremoverlent tankesett

Mennesker blir som nevnt i kapittel 2.1 sett på som en avgjørende suksessfaktor i digitaliseringen. Det er mennesker som utfører jobben, ved å anvende prosesser og teknologiske verktøy. Hardin og McCool (2015) benytter begrepet «oppførsel/atferd» istedenfor «mennesker». De diskuterer hvordan et fremoverlent tankesett for menneskene som skal utføre jobben er vel så viktig som teknologiutvikling og prosessene som ligger bak. Som filosofen Hoffer, referert i Hardin og McCool (2015, s. 7), en gang sa:

«In times of change, learners inherit the earth, while the learned find themselves beautifully equipped to deal with a world that no longer exists.»

Selv om det er foreslått mange ulike kalkulasjonsmetoder de siste 40 årene, foretrekker kalkulatører fortsatt metoder som er enkle både å forstå og i bruk (Cheung *et al.*, 2012). Morgan og Liker (2006) diskuterer hvordan teknologien bør forbedre måten mennesker jobber på, men understreker at den ikke kan erstatte dem. Dave *et al.* (2008) sier at dårlig implementering eller håndtering av teknologi kan redusere effektiviteten fremfor å forbedre måten man jobber på, slik den burde ha gjort.

Det er ikke bare personlig atferd som påvirker hvordan nye teknologi kan bidra til suksess eller fiasko. Organisatorisk atferd har også innflytelse på integrering av nye prosesser og bruk av teknologi (Hardin og McCool, 2015).

Behov for teknologisk kompetanse

En stor utfordring med dagens prosess for mengdeuttak fra modell, er samspillet mellom den som utarbeider modellen og kalkulatøren (Elghaish *et al.*, 2020). Kostnadskalkulatører har tradisjonelt god erfaring med tolkning av tegninger og mengdelister. På den andre siden har de mindre erfaring med å dra nytte av informasjonen som er tilgjengeliggjort i modell. Egenskaper i modell som ikke kontrolleres er å anse som usikre kilder i modellbasert kostnadskalkulasjon. Kalkulatøren må derfor ha tilstrekkelig kompetanse, både teknologisk og i kostnadskalkulasjon, for å ivareta kvalitet ved bruk av denne typen tilnærming til kostnadskalkulasjon. Kalkulatøren må forstå hvordan informasjonen etableres, hvordan den overføres og i hvilken grad den eventuelt manipuleres på veien – som både kan gi positive og negative effekter (Hardin og McCool, 2015). For å forebygge feil i kostnadskalkulasjonen bør man derfor kvantifisere og synliggjøre informasjonen, slik at kalkulatøren blir tvunget til å ta stilling dette (Clark og Alzraiee, 2019).

Behov for å bruke hodet

Mengdeuttak fra modell alene vil aldri kunne representere alt innhold i en komplett kostnadskalkyle. Selv om detaljeringen er høy vil man alltid måtte vurdere om det er kostnadselementer som må legges inn manuelt. Det kan for eksempel være kostnader knyttet til rigging og drift av anleggsområdet i byggefasen. Dette er noe kalkulatøren vanligvis må legge inn i manuelt for å komplettere kostnadskalkylen. Hvor stor grad av manuell input som må innarbeides, avhenger av detaljeringsnivået i mengdegrunnlaget (Monteiro og Martins, 2013).

Refleksjon

Dette delkapittelet har forsøkt å belyse hvordan menneskers tankesett og atferd er avgjørende for suksess når nye prosesser, støttet av ny teknologi, innføres med mål om å effektivisere eller øke kvaliteten på arbeidet. Det legges blant annet vekt på at samspillet mellom ulike roller i kalkulasjonsprosess har forbedringspotensiale i dag og at bruk av nye verktøy vil medføre behov for økt teknologisk kompetanse. Til slutt har det blitt redegjort for hvorfor man alltid vil ha behov for mennesker i kalkulasjonsprosess.

3 Metode

Dette kapittelet gir en oversikt og forklaring på hvordan oppgaven er utarbeidet. Ulike forskningsmetoder beskrives basert på metodelitteratur og oppgavens undersøkelser gjennomgås. På slutten av dette kapittelet diskuteres metode- og kildekritikk samt koding av data.

3.1 Forskningsdesign

Forskningsdesignet danner grunnlaget for å besvare problemstillingen og de underbyggende forskningsspørsmålene som er definert i oppgaven. Benyttede forskningsmetoder er derfor valgt for å best mulig besvare problemstillingen.

Induktiv versus deduktiv metode

Induktiv metode – Benyttes gjerne når en arbeider innenfor et lite utforsket felt. Tjora (2021) omtaler dette som en eksplorerende og empiridrevet fremgangsmåte. Man trekker slutninger fra et begrenset antall tilfeller til en generell regel.

Deduktiv metode – Tjora (2021) omtaler metoden som teoridrevet. Generelle regler benyttes for å trekke slutninger gjeldende for ett eller et begrenset antall tilfeller. Det handler med andre ord om å underbygge eksisterende teorier eller etablere teoribasert kunnskap.

Kvalitativ og kvantitativ metode

Kvalitativ metode – Metodene har til hensikt å undersøke idéer, meninger, opplevelser eller teori som ikke lar seg tallfeste eller måle. Intervjuer, observasjoner, casestudier, dokumentanalyser eller litteraturstudier er eksempler på kvalitative tilnærminger (Dalland, 2020).

Kvantitativ metode – Metodene har den fordel at de er tallbaserte og gir oss målbare enheter. Man undersøker en hypotese ved å utføre tester og samle og undersøke statistiske, numeriske eller matematiske data (Dalland, 2020).

Tabell 1 forsøker å belyse forskjellen på hvordan informasjon samles inn og hvilket fokus man har ved bruk av respektive metoder.

Tabell 1 Kvalitativ og kvantitativ metode (Samset, 2014), (Tjora, 2021)

Kvalitativ metode	Kvantitativ metode
Muntlig eller tekstlig	Tallbasert
Hermeneutisk (tolke)	Statistisk (telle)
Mange opplysninger basert på få undersøkelsesenheter	Få opplysninger basert på mange undersøkelsesenheter
Utfordrende med etterprøvbarehet	Stor grad av etterprøvbarehet
Stor vekt på relevans	Stor vekt på presisjon
Helhetsforståelse som mål	Forklaring, generalisering og samsvar som mål

Valg av data

Når man benytter kvalitative metoder, som for eksempel intervju, gjør man gjerne et strategisk utvalg på den måten at man henvender seg gjerne til intervjupersoner man vet kan ha mye konstruktivt å bidra med. I slike tilfeller er det viktig å argumentere for hvorfor nettopp dette utvalgt er gjort på en overbevisende faglig måte (Dalland, 2020).

3.2 Oppgavens undersøkelser

Når man gjennomfører et erfaringsbasert masterprogram ved siden av ordinær jobb som ingeniør, har man en unik mulighet til å tilegne seg dypere forståelse for de praktiske utfordringene, samtidig som man har en fot innen akademia. Dette er en unik mulighet, samtidig som det er viktig å være oppmerksom på at det kan og sannsynligvis vil påvirke hvordan man som forsker angriper oppgaven. Man bør være oppmerksom på at man går inn i arbeidet med tanker om det aktuelle temaet og hva man tror man vil finne ut. Dette vil kunne påvirke hvordan funn tolkes underveis i forskningsarbeidet. Det er viktig å være klar over at den kvalitative metoden med for eksempel intervjuer legger opp til at all informasjon passerer gjennom forskeren, og at data som blir valgt nettopp blir valgt av denne (Dalland, 2020).

For å svare på forskningsspørsmålene knyttet til oppgavens problemstilling er det benyttet kvalitative metodetilnæringer. Skriftlige informasjonskilder, i form av litteratur-, dokument- og casestudie, og muntlige informasjonskilder, i form av semistrukturerte dybdeintervjuer, er med på å fremskaffe helhetsforståelse (Dalland, 2020).

3.2.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie har til hensikt å kartlegge og evaluere eksisterende forskningslitteratur innen et valgt fagområde. Informasjon som høstes fra litteraturen kan karakteriseres som teori, data, empiri og metode (Furseth og Everett, 2020).

Litteraturstudien i denne oppgaven er hovedsakelig utført på bakgrunn av et litteratursøk. Dette søket har bidratt til innhenting kilder fra vitenskapelige artikler og bøker. I arbeidet med denne oppgaven er hovedsakelig to søkemotorer brukt til å identifisere relevante kilder; Oria og Scopus. Søkemotorene søker blant annet i anerkjente databaser som ScienceDirect, som har strenge krav til innhold og bidrar til at informasjonen er pålitelig.

Søkeord

Innledende søk ble utført uten å spesifisere søkefiltere og tillatte kombinasjoner av søkeord. Disse søkene gav et resultat med overveldende mange tusen treff. Et avgrensende tiltak som ble iverksatt, var å kun søke basert på emneord/keywords. Videre ble søket spisset til fagfellesvurderte tidsskrifter og konferanseartikler. Med disse kriteriene gav norske søkeord svært begrensede antall treff og det ble vurdert at engelske søkeord ville være naturlig å benytte. I Tabell 2 fremkommer resultatene fra litteratursøket.

Tabell 2 Oversikt over søkeord i litteratursøk

Søkeord og avgrensninger	Database og treff	Vurdering	Valgt litteratur
Keywords: « <i>bim</i> » AND (« <i>cost</i> » AND « <i>estimation</i> »)	Oria 25 Scopus 79	Lest 33 abstract Lest 14 artikler i fulltekst Anser 10 som relevant	(Wahab og Wang, 2022) (Liu <i>et al.</i> , 2022) (Fazeli <i>et al.</i> , 2021) (Alzraiee, 2020) (Elghaish <i>et al.</i> , 2020) (Vitásek og Matějka, 2017) (Soto og Adey, 2016) (Plebankiewicz, Zima og Skibniewski, 2015) (Cheung <i>et al.</i> , 2012) (Shen og Issa, 2009)
Keywords: « <i>bim</i> » AND (« <i>quantity</i> AND <i>takeoff</i> ») Variert med: <i>quantity take-off, QTO</i>	Oria 14 Scopus 34	Lest 8 artikler i fulltekst Anser 4 artikler som relevant	(Khosakitchalert, Yabuki og Fukuda, 2020) (Khosakitchalert, Yabuki og Fukuda, 2019) (Choi, Kim og Kim, 2015) (Monteiro og Martins, 2013)

Snøballing

For å finne ytterligere kilder knyttet til litteratursøket har den såkalte snøballmetoden blitt benyttet. Metoden går i denne sammenheng ut på å se til referanser i de valgte artiklene (bakover snøballing). Resultatene fra er listet i Tabell 3.

I tillegg har det blitt undersøkt om valgte artikler har blitt sitert i andre artikler (fremover snøballing), for å verifisere at andre forskere også anser de som relevante og troverdige.

Tabell 3 Resultat fra bakover snøballing

Antall siteringer i allerede valgt litteratur	Valgt litteratur	Type
5 referanselister	(Sacks <i>et al.</i> , 2018)	Bok
2 referanselister	(Hardin og McCool, 2015)	Bok
5 referanselister	(Firat <i>et al.</i> , 2010)	Artikkel

3.2.2 Dokumentstudie

Dokumentstudie

Dokumentstudier handler i stor grad om å generere data basert på dokumenter som er produsert for andre formål enn forskning. Dokumentene benyttes da ofte som bakgrunnsdata, som et supplement til data fra for eksempel intervjuer. Dokumentene kan være normer og regelverk, som for eksempel Norske standarder. Dokumentene er informasjonskilder knyttet til et relevant tema og et viktig poeng er at de er tid- og stedfestet og henvender seg gjerne til spesifikke lesere (Tjora, 2021).

Tjora påpeker at når man bruker dokumenter som kilde, må man sette dem inn i en kontekst (2021, s. 196):

«Når er de skrevet?»

«Hvor er de skrevet, av hvem og for hvilke lesere og formål?»

Setter man dokumentene man har valgt inn i kontekst vil det også være enklere å redegjøre godt for hvorfor man har valgt de aktuelle dokumentene.

Valgte dokumenter

I denne oppgaven er utvalgte norske standarder studert, herunder:

- NS 3451 – Bygningsdelstabellen
- NS 3453 – Spesifikasjon av kostnader i et byggeprosjekt
- NS 3420 – Beskrivelsessystem bygg og anlegg

Disse dokumentene beskriver klassifikasjonssystemer og benyttes i stor grad i bygg- og anleggsbransjen i dag. Standardene vedlikeholdes og oppdateres kontinuerlig av Standard Norge for å følge utviklingen i bransjen. Standardene er derfor relevante problemstillingen som er definert skal diskuteres.

3.2.3 Casestudie

For å komme i mål med forskningsarbeid må man avgrense. Det finnes ulike måter å avgrense det empiriske arbeidet i forskningen. Å utføre et casestudie er en normal form for avgrensing av analysen (Tjora, 2021). Ifølge (Andersen, 2013) egner casestudier seg i forskningsarbeid, der hensikten er å skape forståelse for og forklare handlinger og prosesser.

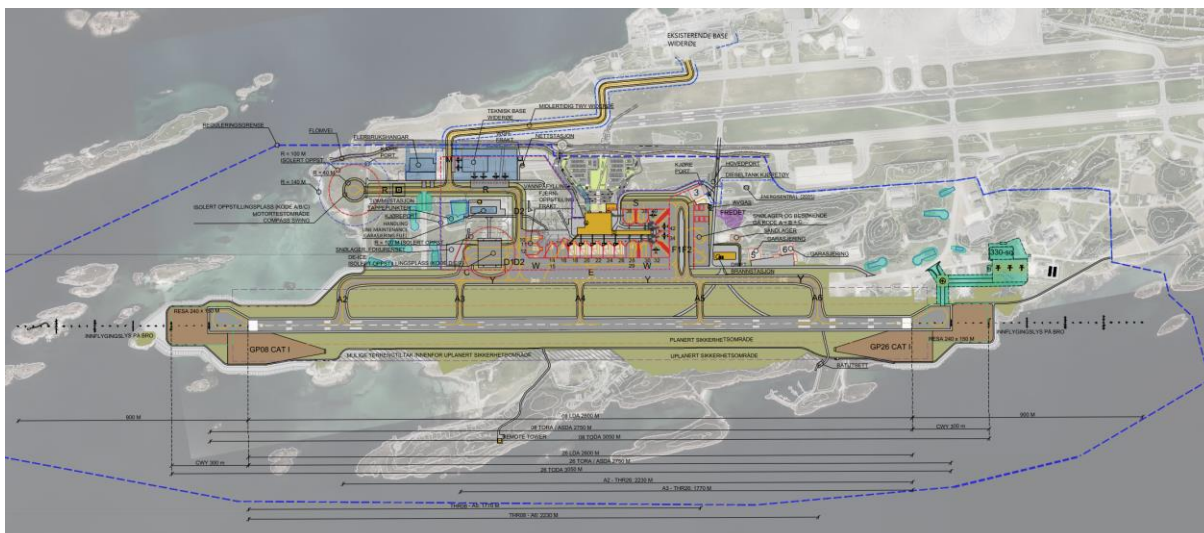
Valg av prosjekt

Det er viktig å være oppmerksom på at caser som velges på bakgrunn av bekvemmelighet ikke nødvendigvis vil være de mest optimale med hensyn på generaliserbarhet (Tjora, 2021). I denne oppgaven er det valgt å utføre dybdestudie på et oppdrag Norconsult har hatt på vegne av Avinor i perioden 2019-2021, nemlig Ny lufthavn Bodø.

Prosjektet er stort og komplekst og omfattes derfor av Statens prosjektmodell, ref. vedlegg 2. Noe som gjør prosjektet spesielt interessant for denne oppgaven, er blant annet at det har blitt gjennomført en pilotøvelse som gikk ut på å knytte modellobjekter fra utvalgte disipliner til kostnadselementer i kostnadsalkylen direkte. Rådgivergruppen anser dette som en vellykket pilotøvelse og ønsker å utforske metodikken nærmere i kommende prosjekter.

Kort om prosjektet

Avinor har fått i oppdrag av Samferdselsdepartementet å planlegge flytting av dagens Bodø lufthavn. Dette skal blant annet tilrettelegge for byutvikling ved å fristille sentrumsnære arealer ved den eksisterende lufthavnen. I det valgte alternativet er lufthavnen planlagt flyttet ca. 900 meter sørover. Dette vil øke avstanden til bysentrumet i Bodø, men lufthavnen vil fortsatt være bynær (Avinor, 2022). I Figur 5 ser man hvordan ny lufthavn er tenkt utformet og hvordan denne forholder seg geografisk til eksisterende lufthavn.



Figur 5 Helhetsplan for den nye lufthavnen i Bodø

Rådgivergruppen, ved Norconsult med LPO arkitekter og Archus arkitekter, fikk i oppdrag på vegne av Avinor å levere skisse- og forprosjekt i perioden 2018-2021. Tilrådninger om kostnadsramme fremgår av KS2-rapporten og er i henhold til Statens Prosjektmodell (Holte Consulting, Menon Economics og A-2 Norge, 2021):

«Forventet kostnad/styringsramme (P50): 5 213 mill. kroner (2021-kroner)»

«Anbefalt kostnadsramme (P85): 6 134 mill. kroner (2021-kroner)»

Rådgivergruppen hadde ansvaret for sammenstilling av alle kostnadskalkyler for respektive utbyggingsområder (med unntak av byggherrekostnader, flynavigasjon og klargjøring for drift som ble håndtert av Avinor internt) som består av;

- U1 Forberedende arbeider
- U2 Terrengarbeider
- U3 Flyside
- U4 Bygningsmasse
- U5 Landside

Redegjørelse for egen posisjon og førforståelse

I Ny lufthavn Bodø-prosjektet har jeg som ansatt i Norconsult hatt ansvar for sammenstilling av samtlige kostnadskalkyler på tvers av rådgivergruppen i både skisse- og forprosjektfasen. Dette har gitt en unik innsikt i kalkulasjonsarbeidet over lengre tid. På denne måten har jeg tilegnet god oversikt over hvilke dokumenter som er aktuelle å undersøke og hva som ikke er relevant for denne oppgaven. Dette vil imidlertid kunne påvirke hvordan jeg tolker funn og krever derfor at jeg undersøker dokumentene med objektiv oppmerksomhet.

3.2.4 Kvalitative intervjuer

Kvalitative intervjuer

Kvalitative intervjuer forsøker å få frem nyanserte beskrivelser av situasjonen intervjupersonen befinner seg i. For å sørge for dekkende svar er det ofte nødvendig med oppfølgingsspørsmål. I praksis betyr dette at man må følge godt med på svarene man får

underveis, for å kunne utfordre intervjupersonen der man ikke får dekkende svar automatisk (Dalland, 2020).

Den personen som intervjues blir ofte kalt informant, respondent eller intervjuobjekt avhengig av hvilken type data man ønsker å samle inn. En respondent er ikke nødvendigvis ekspert på feltet, men en person som svarer på spørsmål basert på egne erfaringer. En informant er i motsetning en som sitter på verdifull kunnskap om og kan bidra til dybdeforståelse innen feltet som forskes på. Dalland (2020) benytter intervjuperson som betegnelse og som omfatter alle tilfellene ovenfor – noe som også er valgt i denne oppgaven.

Struktur

Det finnes ulike intervjuformer med ulik grad av struktur, som både har positive og mindre positive effekter ved seg. Strukturerte intervjuer legger opp til fiks ferdige intervju spørsmål som man ønsker svar på. Svarene man får vil kunne være enklere å analysere, men man mister muligens refleksjoner og tanker som ligger bak svarene fra intervjupersonen. Dette vil man i større grad få i ustrukturerte eller semistrukturerte intervjuer. I semistrukturerte intervjuer forsøker man å holde seg til konkrete temaer eller problemstillinger, men stiller åpne spørsmål som gir intervjupersonene muligheten til å gå i dybden der de har mye å dele (Tjora, 2021).

Ved planlegging av intervjuene er det viktig å tenke over hvordan intervjuene skal analyseres. Kvale og Brinkmann stiller spørsmålet (s. 216):

«Hvordan kan jeg utføre intervjuene slik at betydningen kan analyseres på en sammenhengende og kreativ måte?»

Svaret er å planlegge hvordan intervjuene skal analyseres og ivareta hensynet i intervjuguiden, slik at det ligger en klar plan før intervjuene er i gang. Det vil gjøre utførelsen av intervju, transkribering og analyse oversiktlig og intuitiv. Det stilles med andre ord høye krav til forberedelser i semistrukturerte intervjuer for at resultatet skal bli anvendelig i analysen.

Det er en viss fare for at intervjueren kan påvirke spørsmål i ønsket retning og at måten disse blir formulert og presentert preges av egne påstander. Troverdige data får man ikke ved å stille ledende/lukkede spørsmål, men heller ved å spille opp til at alle tanker og svar vil være interessante for analysen. Å være en aktiv lytter i intervjuet kan bidra til at viktig informasjon kommer opp (Dalland, 2020). Det er samtidig viktig å vurdere hvorvidt intervjupersonene forteller hele sannheten eller om noe blir holdt tilbake.

Intervjuguide

I denne oppgaven er det utarbeidet en guide som skal definerer rammene i intervjuene. I denne intervjuguiden er temaer og spørsmål definert i en slik rekkefølge at analysen blir kronologisk naturlig og intuitiv. Intervjuguiden er presentert i vedlegg 1.

Rekrutteringsprosessen

Det er gjort et strategisk utvalg av intervjupersoner. Tre av fem intervjupersoner har deltatt i pilotprosjekter hvor modellbasert kostnadskalkulasjon har vært brukt som en del av kalkulasjonsprosessen i forprosjektfasen. Tre av disse har også vært sentrale i utarbeidelsen av kostnadskalkylen i forprosjektet for Ny lufthavn Bodø.

Intervjupersonene kan karakteriseres slik:

- Intervjuperson 1:
 - o Modellkoordinator
 - o Modellbasert kalkulasjon
 - o Bakgrunn fra landbaserte olje- og gassprosjekter
- Intervjuperson 2:
 - o Erfaren kalkylekoordinator
 - o Modellbasert kalkulasjon
 - o Bakgrunn fra landbaserte olje- og gassprosjekter
- Intervjuperson 3:
 - o Disiplinleder teknisk infrastruktur
 - o Avdelingsleder (Struktur i Norconsult: Konsern>Hovedkontor>Divisjon>Avdeling>Gruppe>Ressurser)
- Intervjuperson 4:
 - o Kalkylekoordinator
 - o Prosjektleder og disiplinleder teknisk infrastruktur
 - o Gruppeleder (Struktur i Norconsult: Konsern>Hovedkontor>Divisjon>Avdeling>Gruppe>Ressurser)
- Intervjuperson 5:
 - o Erfaren disiplinleder elektro

Gjennomføring

Som tiltak for å redusere stressnivået inn mot intervjuene, ble intervjupersonene kalt inn god tid i forveien. Det ble også satt av romslig med tid, slik at det var anledning til å ta seg god tid til utfyllende svar på spørsmålene som ble stilt. Enkelte intervjupersoner svarte utfyllende for egen maskin, mens andre hadde behov for noen oppfølgings spørsmål i starten for å komme i gang.

Transkripsjon

Som hovedregel benyttes en eller annen form for lydopptak i dybdeintervjuer (Tjora, 2021). De aktuelle intervjupersonene var enig i at dette var en god løsning, selv om enkelte påpekte at «da må jeg ikke si noe feil». For å forsikre intervjupersonene om at svarene ikke ville bli misbrukt, ble det derfor avtalt at transkriptene skulle oversendes for korrektur i etterkant.

Som Tjora (2021) anbefaler, ble lydopptakene fullstendig transkribert. Da det er vanskelig å vurdere på forhånd hvilken betydning svarene vil ha i analysen, er det bedre å transkribere litt mer enn hva man tror er nødvendig.

Redegjøre for egen posisjon – forskerens førforståelse

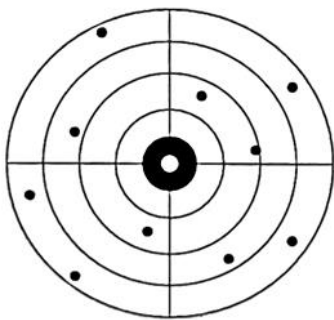
Intervjupersonene er en blanding av mennesker jeg både kjenner godt fra før gjennom tett samarbeid i ulike prosjekter og andre jeg så vidt har utvekslet ord med tidligere. I praksis betyr det at enkelte intervjupersoner har lettere for å gå rett på sak og si hva de mener, da de kjenner meg og min bakgrunn. Samtidig kan det være at noe ikke blir sagt i løpet av intervjuet, som følge av at vi allerede har diskutert lignende temaer ved tidligere anledninger.

3.3 Metode- og kildekritikk

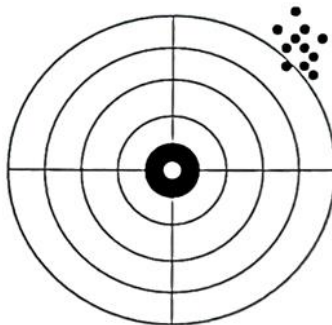
Målet med å anvende forskningsmetoder er å sikre at resultatet er både gyldig og troverdig. Reliabilitet sier noe om påliteligheten til et fenomen. Det er i praksis hvor samsvarende resultater fra undersøkelser er, uavhengig av hvilken forsker som har utført undersøkelsen. Validiteten sier noe om relevansen og gyldigheten til et fenomen. Det handler om i hvilken grad man basert på resultatet fra undersøkelsene kan trekke gyldige konklusjoner knyttet til problemstillingen (Dalland, 2020).

Figur 6 forsøker å illustrere sammenhengen mellom ulike grader av validitet og reliabilitet.

*God validitet
Lav reliabilitet*



*Lav validitet
God reliabilitet*



Figur 6 Validitet og reliabilitet - fokus versus presisjon (Samset, 2014)

Gode resultater fra en studie fordrer at empirien er relevant for problemstilling og ikke minst at de er innsamlet på en pålitelig måte. Ulike forskningsmetoder i seg selv gir ikke nødvendigvis to streker under svaret, og man må være bevisst ulike feilkilder som kan påvirke resultatene. Det er derfor viktig å argumentere for hvorfor metodene som benyttes er fornuftige for oppgaven og i hvilken grad de har bidratt til å gi svar på problemstillingen (Dalland, 2020).

Validiteten og reliabiliteten til arbeidet i oppgaven er nærmere vurdert i konklusjonen under kapittel 6.1.

3.4 Analyse av data

Tidlig i arbeidet med oppgaven ble det lagt betydelig innsats i utformingen av intervjuguiden. Det var viktig å sikre at tema og spørsmål var gjennomtenkt. Det ble nøye vurdert i hvilken rekkefølge spørsmålene skulle bli stilt og dette dannet grunnlaget for oppgavens struktur. Data fra både intervjuene og casestudien har videre blitt kodet og analysert etter den samme strukturen. Man vil kjenne igjen strukturen fra intervjuguiden både i resultatkapittelet og diskusjonskapittelet.

4 Resultater

Dette kapitlet viser resultatene fra dokumentstudier, casestudien og utførte dybdeintervjuer som er beskrevet nærmere i henholdsvis delkapittel 3.2.2, 3.2.3 og 3.2.4. Delkapittel 4.1 gir en beskrivelse av Norske standarder som har blitt studert. Videre er innholdet i delkapitlene 4.2-4.4 basert på en kombinasjon av resultater fra casestudien; *Ny lufthavn Bodø* og utførte semistrukturerte dybdeintervjuer.

4.1 Rammeverk (dokumentstudie)

Per i dag eksisterer det ikke standarder som definerer et rammeverk for mengdeuttak til kostnadskalkyler i Norge. Det er imidlertid etablert offisielle standarder for mengdebeskrivelser for anbud, som er godt kjent i bransjen. Eksempel på slike standarder er;

- NS3420 – Beskrivelsessystem bygg og anlegg (Standard Norge)
- Prosesskode 1 – Håndbok R761 (Statens Vegvesen)
- Prosesskode 2 – Håndbok R762 (Statens Vegvesen)
- Prosesskode (Bane NOR)

Standard Norge har også utarbeidet standarder for klassifikasjonssystemer og spesifisering for oppsett av kostnader;

- NS 3451 – Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder
- NS 3453 – Spesifisering av kostnader i byggeprosjekt

NS 3420 – Beskrivelsessystem bygg og anlegg

NS 3420 er en standard som brukes for å utarbeide prosjektbeskrivelser som en del av konkurransegrunnlag innen bygg- og anleggsbransjen. Den brukes til å generere mengdelister for kalkulasjon av forespørsler og til å følge opp prosjekter under utførelse.

Standarden består av mange deler som representerer ulike temaer/disipliner. Delstandarden NS 3420-0 gir en oversikt standardens hierarkiske oppbygning med bestemmelser på flere nivåer. Denne gir også en oversikt over hvordan krav er definert i følgende kravpunkter (Standard Norge, 2022a);

- a) Omfang og prisgrunnlag
- b) Materialer
- c) Utførelse
- d) Toleranser
- e) Prøving, kontroll
- x) Mengderegler
- y) Spesifisering

Postgrunnlaget i NS 3420 består av en rekke bestanddeler, som vist i Figur 7;

1. Alfamerisk kode bestående av én eller to bokstaver i henhold til vedlegg 3, samt en rekke tall som bestemmes av valgte spesifikasjoner (punkt 3)
2. Navn på den aktuelle posten
3. Valgbare spesifikasjoner i lister, som rapporterer til den alfanumeriske koden (punkt 1)
4. Stikkord i fritekstformat
5. Eventuelle andre krav (a-y)

	NS-kode/Spesifikasjon	Enh.
1	FD2.13---A	
2	GRAVING AV GRØFT – VOLUM Prosjektert fast volum	m ³
3	Omfang: <i>Omfang</i> Utførelse: <i>Utførelse – graving av grøft</i> Graveskråning: <i>Graveskråning</i>	
4	Lokalisering: Formål: Grunnforhold: Graverestriksjoner: Grøftedybde: Bunnbredde: Andre krav: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei	
5	a) Omfang og prisgrunnlag b) Materialer c) Utførelse d) Toleranser e) Prøving og kontroll x) Mengdereglere	

Figur 7 Postgrunnlagets bestanddeler

Den alfanumeriske koden, heretter kalt NS 3420-koden, er delvis forhåndsdefinert for hver post, hvor manglende tall som er synliggjort med strek kompletteres ved å angi de valgbare spesifikasjonene. Det er i hovedsak to ting som skiller valgbare spesifikasjoner fra stikkord i fritekst. Stikkord påvirker ikke NS 3420-koden, slik spesifikasjonene gjør. I tillegg er stikkord fritekst, hvilket betyr at man kan skrive hva enn man ønsker. De valgbare spesifikasjonene består av forhåndsdefinerte lister, hvilket betyr at man må forholde seg til de valgene som er tilgjengelig.

NS-kode/Spesifikasjon	Enh.
UP3.1- SANDFANGSKUM AV BETONG MED DYKKER Antall Diameter: <i>Diameter</i>	stk
Lokalisering: Utførelse: Sandvolum: Kumhøyde: Dimensjon utløpsdykker: Andre krav: <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nei	

Figur 8 Eksempel på NS 3420-post – Sandfangskum

NS-kode/Spesifikasjon	Enh.
UM1.111-xxx UTENDØRS VANNLEDNING – KOMPLETT – RØR AV METALL Lengde Type vannledning: Type vannledning Materiale: Materiale – metall Plassering: Plassering Skjøt: Skjøt Lokalisering: Ledningsstrek: Nominell diameter: Materialkvalitet: Rør-/trykkklasse: Største tillatte driftstrykk (PMA): Tillatt prøvingstrykk på byggeplass (PEA): Korrosjonsbeskyttelse: Andre krav: <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nei	m

Figur 9 Eksempel på NS 3420-post - Utendørs vannledning

Spesifikasjonenes egenskaper varierer fra post til post. I noen poster vil spesifikasjonene ta for seg omfang og utførelsesmetode som vist i Figur 7, mens andre vil ta for seg dimensjon eller type, materiale osv. som vist i henholdsvis Figur 8 og Figur 9. I praksis betyr det i kalkulasjonssammenheng at NS 3420-koden alene vil gi informasjon om hva slags type leveranse posten gjelder, men ikke nødvendigvis informasjon om dimensjon, materialkvalitet eller lignende egenskaper – da dette varierer fra post til post.

NS 3451 – Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder

NS 3451 er en standard innenfor klassifiseringssystemer i BAE-sektoren i Norge. Standarden brukes på mange ulike områder (Standard Norge, 2022b).

Standarden fastlegger inndeling i bygnings- og installasjonsdeler samt systemer for systematisering, klassifisering, koding m.m. av informasjon som omfatter de fysiske delene av bygninger med tilhørende uteområder og utvendige anlegg, samt identifikasjon av disse. Tabellene i standarden er vist 1-, 2-, 3- og 4-sifret kode innenfor hver hoveddel (Standard Norge, 2022b), hvor 1. siffer representerer følgende hoveddeler;

2. Bygningsdeler for bygning
3. Bygningsdeler for VVS
4. Bygningsdeler for elkraft
5. Bygningsdeler for EKOM
6. Bygningsdeler for andre installasjoner
7. Bygningsdeler utendørs
8. Systemkoder for alle typer systemer basert på tabell 2-7

NS 3453 – Spesifikasjon av kostnader i byggeprosjekt

NS 3453-standardens beskriver et kontooppsett som er basert på bygningsdelstabellen i NS 3451 og kan brukes for å strukturere innholdet i en kostnadskalkyle. Strukturen som er vist i Tabell 4 er også tilpasset Finansdepartementets begrepsbruk samt kravene som stilles til kvalitetssikring i offentlige investeringsprosjekter (Standard Norge, 2016).

Tabell 4 Hovedoppstilling av kostnader på kontonivå 1

Konto-nivå 1	Forklarende tekst	Henvisning til underinndeling
01	Felleskostnader	Tabell 2 i NS 3453
02	Bygning	Bygningsdel 2 i NS 3451
03	VVS-installasjoner	Bygningsdel 3 i NS 3451
04	Elkraft	Bygningsdel 4 i NS 3451
05	Tele og automatisering	Bygningsdel 5 i NS 3451
06	Andre installasjoner	Bygningsdel 6 i NS 3451
	Huskostnad (sum 01 til 06)	
07	Utendørs	Bygningsdel 7 i NS 3451
	Entreprisekostnad (sum 01 til 07)	
08	Generelle kostnader	Tabell 2 i NS 3453
	Byggekostnad (sum 01 til 08)	
09	Spesielle kostnader	Tabell 2 i NS 3453
10	Merverdiavgift (for konto 01 til 09)	
	Basiskostnad (sum 01 til 10)	
11	Forventede tillegg (inklusive merverdiavgift)	
	Prosjektkostnad (sum 01 til 11)	
12	Usikkerhetsavsetning (inklusive merverdiavgift)	
	Kostnadsramme (sum 01 til 12)	
13	Prisregulering (inklusive merverdiavgift)	Se tabell 2 i NS 3453
	Kostnadsramme inklusive prisregulering (sum 01 til 13)	

4.2 Prosess (intervjuer og casestudie)

4.2.1 Arbeids- og ansvarfordeling

Forholdet mellom disiplinleder og produksjonsressurs

Kalkulasjonsprosessen består av ulike steg som fører frem til en komplett kostnadskalkyle. Intervjupersonene er enige om at det som oftest i dag er en disiplinleder som har størst eierskap til kalkulasjonsprosessen og at vedkommende tar regien i organisering av arbeidsoppgaver. Disiplinleder har oversikt over de ulike stegene, når hver oppgave skal utføres og hvem det er hensiktsmessig at utfører oppgavene. Den som er disiplinleder har vanligvis ansvaret for at kostnadselementer knyttet til sitt disiplinområde er definert og kvalitetssikret før avtalte milepæl.

I løpet av intervjuene har flere intervjupersoner påpekt at betegnelsen junior- og seniorressurs, som ble benyttet i intervjuguiden, ikke nødvendigvis er passende kategorisering med hensyn på arbeidsfordeling. Man bør heller skille på produksjonsressurser, som produserer mengdegrunnlag i form av tegninger og modeller, og de som har disiplinansvar. Ofte er det et tydeligere skille mellom produksjonsansvar og disiplinansvar sammenlignet med junior og senior – som i større grad sier noe om hvor lenge ressursen har jobbet med sitt disiplinområde.

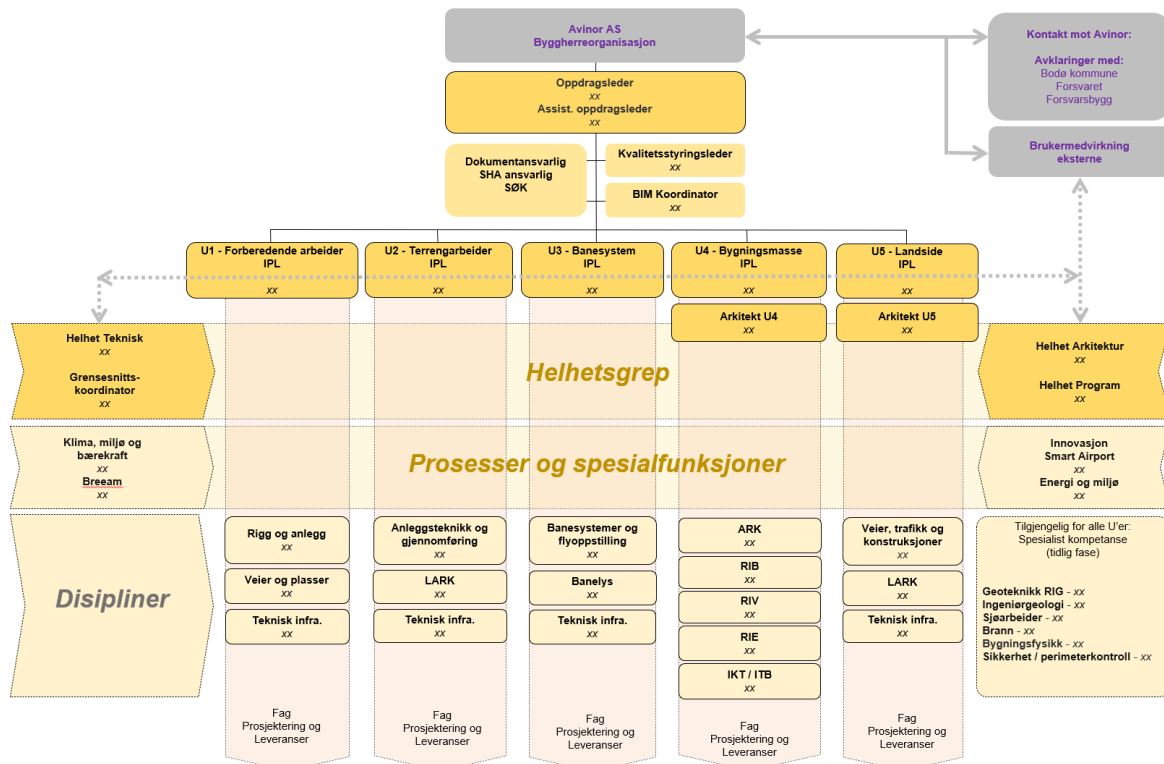
Ansvar for å identifisere mengder

Ifølge intervjupersonene er det normalt at en produksjonsressurs får ansvaret for å hente ut mengder fra modell, tegninger eller annet prosjektert materiale som foreligger i prosjektet. Det er likevel unntak, hvor disiplinleder tar ansvar for mengdeuttak, men det avhenger ofte av størrelse på prosjektet. Om prosjektet er stort, vil det være naturlig at disiplinlederen ikke blander seg inn i selve mengdeuttaket, da den har nok med å kvalitetssikre mengdeuttaket som leveres av produksjonsressursen. Disiplinleder overtar mengdeuttaket fra produksjonsressursen for videre bearbeiding og prising.

Strukturen på mengdeuttaket er det ofte en disiplinleder som definerer. Denne strukturen forteller produksjonsressursen på hvilket detaljnivå mengdene skal identifiseres.

Organisering Ny lufthavn Bodø

Rådgivergruppen for forprosjektet for Ny lufthavn Bodø har bestått av en stor organisasjon, hvor ansvarsroller er skissert i Figur 10. Respektive disiplinledere har hatt ansvar for å rapportere mengder og priser til en sentral kalkulekoordinator som har redaktøransvaret i kostnadskalkylen. Kalkulekoordinatoren fremkommer ikke av organisasjonsplanen i Figur 10.



Figur 10 Organisasjonsplan for forprosjekt Ny lufthavn Bodø

Ansvar for å identifisere mengder i Ny lufthavn Bodø

Fordeling av ansvar knyttet til identifisering av mengder basert på tilgjengelig underlag fremkommer i grove trekk av Tabell 5. I praksis viser oversikten at der hvor det foreligger modeller eller tegninger, identifiseres mengdene av den som har produsert modell- eller tegningsgrunnlaget. Der hvor man kun har overordnede tegninger eller baserer mengdeuttaket på andre disipliners modell- og tegningsgrunnlag, er det i stor grad disiplinledere som har identifisert mengder for sitt disiplinområde.

Ansvar for å identifisere og fastsette priser i Ny lufthavn Bodø

Innhenting av erfaringstall for å dokumentere og fastsette enhetspriser i prosjektet har nesten utelukkende vært utført av disiplinledere og dedikerte kalkulatorer. Produksjonsressurser har i liten grad bidratt i disse prosessene.

Tabell 5 Identifisering av mengder per disiplin/utbyggingsområde

Disiplin	Utbyggingsområde (U)	Underlag = Prinsippkisser	Underlag = Tegninger	Underlag = Modell	Mengderapportering
Rigg og anlegg	U1				DL
Veier og plasser	U1		x		PR
Teknisk infrastruktur	U1		x		PR
Anleggsteknikk (grunnarbeider)	U2		x	x	PR
Landskapsarkitektur	U2		x		PR
Teknisk infrastruktur	U2		x		PR
Banesystem og flyoppstilling	U3		x	x	PR
Teknisk infrastruktur	U3		x	x	PR
Banelys	U3	x			DL
Arkitektur	U4		x	x	PR
Konstruksjon	U4		x	x	PR
Varme, ventilasjon og sanitær	U4	x			DL
Elkraft	U4	x			DL
Energi	U4		x		PR
Veier, trafikk og konstruksjoner	U5		x	x	PR
Landskapsarkitektur	U5		x	x	PR
Teknisk infrastruktur	U5		x		PR

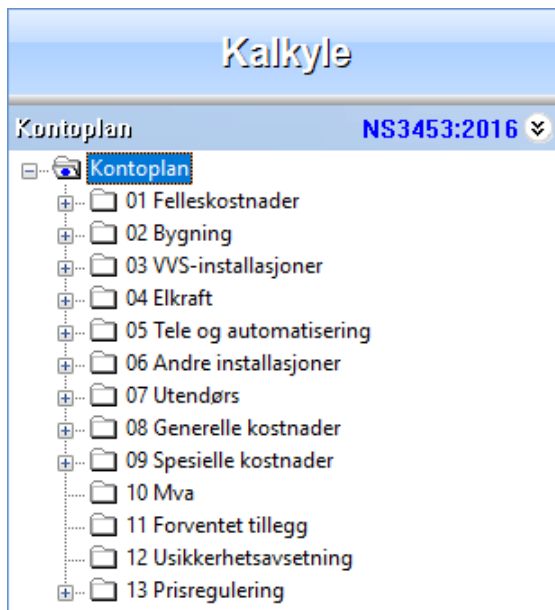
DL = Disiplinleder

PR = Produksjonsressurs

4.2.2 Struktur i kostnadskalkylen

Kontoplan

Kontoplanen som benyttes avhenger av hvilken byggherre man skal levere til. Noen byggherrer stiller spesifikke krav, for eksempel at man skal benytte kontostruktur i henhold til NS 3453, som vist i Figur 11, mens andre byggherrer ikke legger seg opp i hvordan kostnadskalkylen bygges opp. Det finnes også byggherrer som har egendefinerte kontoplaner, som for eksempel Equinor.



Figur 11 Øverste nivå i kontoplan iht. NS 3453

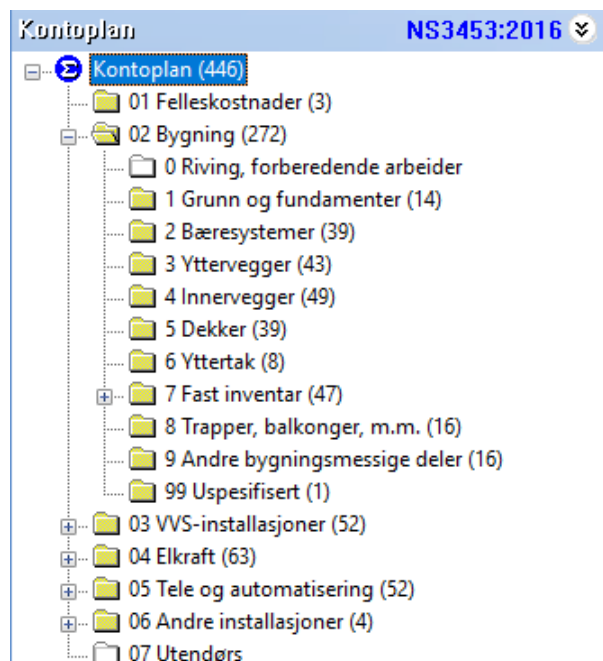
Kontoplan i Ny lufthavn Bodø

På overordnet nivå skiller kontoplanen i Ny lufthavn Bodø seg fra kontostrukturen som er definert i NS 3453. Bakgrunnen er at rådgivergruppen anser kontoplanen i NS 3453 som for snever med hensyn på ivaretagelse av utendørsarbeider, som utgjør om lag 2/3-deler av prosjektets omfang i kostnadsøyemed. Kontoplanen i kostnadskalkylen som benyttes forholder seg utbyggingsområder, som vist Figur 12. Denne kontoplanen gjenspeiler også organisasjonsplanen, vist i Figur 10, hvor det tydelig fremgår hvem som har ansvaret for å rapportere tallmaterialet.



Figur 12 Kontoplan for hovedkalkylen i Ny lufthavn Bodø-prosjektet

Selv om ikke kontoplan i henhold til NS 3453 benyttes i hovedkalkylen for prosjektet, er den benyttet til underkalkyler for respektive bygg som hører under U4 – Bygningsmasse. Dette utbyggingsområdet består blant annet av terminalkompleks, driftsbygg og brannstasjon, tømmestasjon, hovedport osv. I disse underkalkylene, som kun rapporterer totalsum per bygg til hovedkalkylen, er altså konto 01-06, som representerer huskostnad, benyttet på 2-sifret nivå, som er nærmere forklart i på side 21. Eksempel på en slik kontoplan for terminalkomplekset fremkommer av Figur 13.



Figur 13 Kontoplan for underkalkyle for terminal

For følgende utbyggingsområder har Avinor hatt ansvar for å rapportere mengder og kostnader:

- U0 – Byggherrekostnader
- U6 – Navigasjon
- U7 – Klargjøring for drift
- U99 – Påløpte kostnader

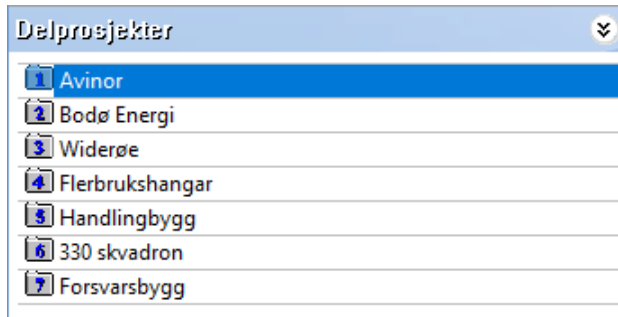
Disse kontoene er ikke videre behandlet i denne casestudien, da de faller utenfor interesseområdet med hensyn på avgrensninger definert i kapittel 1.3.

Delprosjekter

Ifølge intervjupersonene er det normalt å opprette ulike delprosjekter, som for øvrig forholder seg til den samme kontoplanen. Delprosjekter benyttes for eksempel der man har valgt en entreprisstruktur med flere entrepriser, eller i tilfeller man ønsker å synliggjøre kostnadsdeling på tvers av ulike involverte aktører.

Delprosjekter i Ny lufthavn Bodø

Avinor er ikke alene om å utvikle ny lufthavn i Bodø, men har en rekke grensesnittsaktører som for eksempel Bodø kommune, Bodø Varme, Forsvarsbygg, Widerøe med flere. Avinor skal tilrettelegge tomter/arealer og infrastruktur for en rekke aktører som har tilknytning i den nye lufthavnen. Kostnader knyttet til disse aktørene er strukturert i ulike delprosjekter, som vist i Figur 14. Delprosjektene forholder seg til den samme kontoplanen som fremkommer av Figur 12. Bakgrunnen for dette er å synliggjøre hvilke kostnader tiltakene medfører, selv om de tilhører et gitt utbyggingsområde og sannsynligvis vil inngå i hovedkontrakten for dette utbyggingsområdet. På den måten vil Avinor ha grunnlag for å kreve anleggsbidrag fra involverte aktører der det er aktuelt.



Figur 14 Oversikt over grensesnittsaktører i kostnadskalkylen

Utover struktur i kontoplan og delprosjekter, som kalkylekoordinatoren har styrt, har respektive disiplinledere hatt ansvar for å definere strukturen på kostnadselementene med tilhørende prislinjer i kalkylen.

Kostnadselementer og prislinjer

Når kontoplanen er etablert kan man definere kostnadselementer. I Ny lufthavn Bodø-prosjektet har rådgivergruppen benyttet kalkulasjonsverktøyet ISY Calcus, som leveres av Norconsult Informasjonssystemer. I dette verktøyet skjer prising på to nivåer som fungerer sammen, bestående av:

- Element/kostnadselement
- Prislinje(r)

Et kostnadselement kan bestå av enten én eller flere prislinjer. Et eksempel på dette kan være et kostnadselement for komplett ledningsgrøft som representerer flere prislinjer basert på NS 3420. NS 3420-postene har ulike enheter som er definert i standarden og disse omgjøres til kostnadselementets enhet ved bruk av såkalte reseptmengder. Figur 15 illustrerer et slikt eksempel. I dette tilfellet vil man trenge 1 meter med Ø200 PVC ledning per løpemeter komplett ledningsgrøft. For den samme løpemeteren med ledningsgrøft er det behov for 0,8 m³ med omfyllingsmasser i Fk 8-16. Sammen utgjør alle prislinjene som er definert den komplette ledningsgrøften som fremkommer av Figur 15.

04.01.01.016	Standard element med prislinjer	<input type="checkbox"/> Prosent	Pris : 1 228 492	↑
Element :	Komplett ledningsgrøft, Ø200 PVC, H=2,5 m, gravitasjon	Enhet :	m	↓
Mengde :	850	Kostnadselement		
Enhetspris :	1 445,28	Enhetspris er summen av alle prislinjer		

Prislinjer (6)		Mengdelinjer			
Navn	Reseptmengde	Enhet	Direkte mengde	Enhetspris	Sum Pris
Graving av uavstivet grøft	5,4	m3	4 590,0	84,00	385 560
Transport til eksternt deponi inkl. leveringsavgift	0,8	m3	680,0	100,00	68 000
Fundament, sidefylling og beskyttelseslag, Fk 8-16	0,8	m3	680,0	300,00	204 000
Ø200 PVC ledning	1	m	850,0	274,05	232 942
Geotekstil	1,54	m2	1 309,0	15,00	19 635
Tilbakefylling av stedlige masser	4,1	m3	3 485,0	91,35	318 355

Komplett ledningsgrøft, Ø200 PVC, H=2,5 m, gravitasjon					1 228 492
--	--	--	--	--	-----------

Prislinjer

Figur 15 Et kostnadselement representerer flere prislinjer

4.2.3 Faser og detaljeringsgrad

Skisseprosjektet for Ny lufthavn Bodø

I skisseprosjektet for Ny lufthavn Bodø var kostnader knyttet til U4 Bygningsmasse i stor grad håndtert av kalkyleansvarlig ressurs fra arkitektens side. Mengder knyttet til konstruksjonsdisiplinen og tekniske disipliner ble ivaretatt gjennom innspill gitt i tverrfaglige sesjoner. På dette stadiet ble det ikke vurdert om modeller som forelå ville tilføre verdi til kostnadskalkylen, da kalkylen hovedsakelig var basert på arealmengder og prosentvise påslag for ulike bygningsdeler, som for eksempel bæresystemer.

Forprosjektet for Ny lufthavn Bodø

I forprosjektet ble det valgt å utforske nye metoder med bruk av modellgrunnlag inn i kalkulasjonsverktøyet. Det ble i den forbindelse kjørt et pilotprosjekt med arkitektur- og konstruksjonsdisiplinene, hvor målet var å høste mengder fra respektive disiplinmodeller direkte. I forprosjektet ble imidlertid ikke alle objekter modellert, selv om de var identifisert og planlagt. Objekter som var identifisert, men ikke modellert, ble derfor lagt inn i kalkylen manuelt av ansvarlige disiplinledere.

Detaljeringsgrad i forprosjektfasen

I forprosjekt vil man normalt sett modellere med et begrenset detaljeringsnivå ifølge intervjupersonene. Dette varierer på tvers av aktuelle/involverte disipliner. For tekniske disipliner er det naturlig å knipe på detaljeringsnivået i forprosjektfasen for å redusere antall modellrevisjoner. Dette er en konsekvens av kontinuerlig utvikling av styrende disipliner, som for eksempel arkitektur- og konstruksjonsdisipliner innendørs eller disipliner med ansvar for geometri utendørs. En intervjuperson utdyper:

«Det har ingen verdi å modellere traséer for banelys hvis du ikke vet hvor rulle- og taksebanene skal ligge. Da kan vi like gjerne vente til det er bestemt.»

4.2.4 Informasjonsbehov

Informasjonsutveksling fra mengdeunderlag til kostnadskalkyle

Hvilken informasjon man har behov for ved kostnadskalkulasjon avhenger av hvilken disiplin man skal kalkulere for. Det informeres om at følgende informasjon i de fleste tilfeller dekker behovet for å definere kostnadselementer i kalkylen:

- Type objekt eller arbeidsoperasjon*
- Materiale
- Dimensjon
- Enhet
- Mengde

**Dersom man har et objekt vil man normalt sett også ha behov for materiale og dimensjon. Om det derimot gjelder en arbeidsoperasjon vil man imidlertid ikke ha dette behovet. Eksempel på arbeidsoperasjon kan være graving av grøft, hvor materiale og dimensjon er irrelevant informasjon.*

Basert på ovennevnte informasjon vil man i stor grad være i stand til å definere kostnadselementer med enten én eller flere underliggende prislinjer. Disse prislinjene representerer objekter/arbeidsoperasjoner som kreves for en komplett leveranse. Intervjupersonene informerer om at prislinjer typisk er beskrevet i henhold til NS3420 eller tilsvarende nivå.

Hvilken informasjon mangler i NS 3420-kodene om de skal benyttes i et forprosjekt?

Det kommer frem at typiske NS 3420-koder i seg selv ikke tilfredsstillende ovennevnte informasjonsbehov.

4.2.5 Iterative prosesser

Hvor ofte utarbeides kostnadskalkyler?

Med dagens manuelle metoder kan intervjupersonene fortelle at kostnadskalkyler normalt sett utarbeides i forbindelse med viktige milepæler. Man gjør den prosjekteringen som er nødvendig først, så går man i gang med å kostnadskalkulere prosjekterte løsninger etterpå. Det er imidlertid prosjekter hvor byggherren ønsker løypemeldinger knyttet til kostnadsbildet oftere. Dette medfører som regel mye ekstra arbeid, da alt i stor grad skjer manuelt uavhengig om man benytter ISY Calcus, Excel eller andre verktøy.

Behov for iterative kostnadsprosesser i Ny lufthavn Bodø

Ny lufthavn Bodø har vært et kostnadsstyrt prosjekt, hvor det i løpet av både skisse- og forprosjektet har blitt gjort vesentlige endringer fortløpende med mål om å optimalisere løsninger og kostnader. I løpet av forprosjektet har det blitt rapportert kostnader til Avinor ved 4 avtalte milepæler, hvor justeringer og tiltak har blitt innarbeidet. I tillegg er det gjennomført 8 delstudier som innebærer blant annet kostnadsvurdering av alternative løsninger, hvor deler av tiltakene har blitt innarbeidet i endelig levert forprosjekt.

Kost- og nyttevurderinger knyttet til tilrettelegging

To av intervjupersonene påpeker at fordeler med å tilrettelegge for automatisert opprettelse av kostnadselementer basert på modellobjekter, kun blir realisert hvis man har behov for å gjøre den samme jobben flere ganger. Det kan for eksempel være i forbindelse med en kvalitetssikringsprosess hvor man oppdager feil som må rettes opp i kalkyleunderlaget, eller i forbindelse med vurdering av ulike alternative løsninger og kostnadsreduserende tiltak. Slik det er i dag medfører nemlig automatisert mengdeuttak til kostnads kalkylen en del manuell tilrettelegging i forkant. Dersom man kun skal utarbeide én kostnads kalkyle én gang, tror derfor intervjupersonene at det ikke vil være formålstjenlig å bruke all tiden det kreves for å tilrettelegge for automatisering.

En intervjuperson sier at det vil være fordelaktig å etablere oppsett og rutiner tidlig, slik at man kan oppdatere kalkylen fortløpende og følge hvordan utvikling og detaljering i modellen påvirker kostnadsbildet i kalkylen. Får man til dette, vil ikke oppdaterte kostnadsoverslag medføre uoverkommelig mye tidsbruk. Og det er noe byggherrene, som i mange tilfeller ønsker å følge kostnadsutviklingen tett, vil sette pris på.

4.3 Teknologi (intervjuer og casestudie)

4.3.1 Verktøy og praksis

Dagens praksis

De fleste intervjupersonene opplyser om relativt lik praktisering hva angår bruk av verktøy og metoder i dag. Likevel opplever flere at det er litt kaotisk. Produksjonsressurser og disiplinledere rapporterer vanligvis mengder og priser til en kalkylekoordinator via exceldokumenter. Disse exceldokumentene etableres gjerne fra bunn og innebærer mye manuell tasting. Per i dag følger ikke innholdet et forhåndsdefinert oppsett. Alle intervjupersonene mener dette er uhensiktsmessig bruk av tid, da man i praksis gjør den samme jobben flere ganger – både i prosjektet og på tvers av ulike prosjekter.

Unntaket, som to intervjupersoner nevner, er når det skal leveres kostnads kalkyle til for eksempel Equinor. Metoden med bruk av excel til utveksling av mengder og priser er den samme, men man følger en gitt struktur for kostnadselementene, da det er et krav fra byggherren. I Equinor-prosjektene benyttes ofte ISY Calcus til sammenstilling av tallmaterialet. Alt underlag som respektive disipliner har etablert i exceldokumenter overføres da manuelt til ISY Calcus. Ved justeringer blir først exceldokumentene oppdatert av disiplinlederne, før disse på nytt blir overført manuelt til ISY Calcus.

To intervjupersoner påpeker at alle som rapporterer mengder og priser til kostnads kalkylen ideelt sett bør benytte samme kalkulasjonsverktøy, som f.eks. ISY Calcus. Det vil gjøre det lettere å sammenstille innholdet, samtidig som man vil spare tid ved eventuelle justeringer.

Overføring av mengder fra modell til kalkulasjonsverktøy

Det er ulike måter å legge inn mengder på kostnadselementer i ISY Calcus:

- Manuelt skrive inn; tall eller formler
- Importere mengdelister hentet fra modell
- Importere modeller

Dersom man skal benytte mengdeimport fra modell, enten ved bruk av modellen direkte eller gå via mengdelister, må man definere en egenskap som knytter et objekt i modellen til et kostnadselement i kostnadskalkylen. I ISY Calcus kalles denne egenskapen for *IFC Link*, som er en unik egendefinert kode. IFC Link representerer én verdi som må defineres under en valgfri egenskap under et valgfritt egenskapssett på et modellobjekt i modellen. Videre må den samme IFC Linken defineres på et kostnadselement i et egendefinert elementregister, som vist i figuren nedenfor. Pris- og elementregister er nærmere omtalt på side 33.

02.1 Grunn og fundamenter Kalkyle : RIB-BIM

BTA : 20 946

Elementer Kalkyle

Nummer /	Element	Mengde	E..	Enhetspris	Sum	IFC Link
02.1.001	Sålefundament 100 x 800 mm. Antatt armering 100 kg/m ³	587,04	m	403,50	236 869	216 Bankett 800x100mm
02.1.002	Sålefundament 250 x 1000 mm. Antatt armering 100 kg/m ³	152,07	m	1 989,01	302 466	216 Bankett 1000x250mm
02.1.003	Sålefundament 300 x 1500 mm. Antatt armering 100 kg/m ³					216 Bankett 1500x300mm
02.1.004	Sålefundament 400 x 2000 mm. Antatt armering 100 kg/m ³					216 Bankett 2000x400mm
02.1.005	Sålefundament 300 x 800 mm. Antatt armering 100 kg/m ³					216 Bankett 800x300mm
02.1.006	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,4 x 1,5 x 1,5 m. Antatt armering: 120 kg/m ³					216 Punktfundament 1500x1500x400mm
02.1.007	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,5 x 2,0 x 2,0 m. Antatt armering: 120 kg/m ³					216 Punktfundament 2000x2000x500mm
02.1.008	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 3,0 x 3,0 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	93,00	stk	43 034,02	4 030 164	216 Punktfundament 3000x3000x800mm
02.1.009	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 3,0 x 3,4 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	2,00	stk	48 380,66	96 761	216 Punktfundament 3000x3400x800mm
02.1.010	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 4,0 x 4,0 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	27,00	stk	66 539,57	1 796 569	216 Punktfundament 4000x4000x800mm

Properties Location Classification Relations

Name	Value	Unit
Element Specific		
Profile		
AVINOR		
01_Lufthavnkode	ENBO	
02_Projekt	10001444	
03_Ansvar	187075	
06_Omrade	bo002	
07_Fase	F	
08_Status	S4	
Pset_ProductRequirements		
Pset_ProductRequirements		
Pset_QuantityTakeOff		
Reference	216 Punktfundament 4000x4000x800mm	
Pset_QuantityTakeOff		
Pset_ReinforcementBarPit...		

Figur 16 Eksempel på bruk av IFC Link

Dersom et modellobjekt har definert en egenskap som ikke matcher med IFC Linken til de forhåndsdefinerte kostnadselementene i elementregisteret, vil ikke kalkulasjonsverktøyet ha forutsetninger for å avgjøre hva slags type kostnadselement modellobjektet representerer. I et slikt tilfelle vil det etableres et nytt blankt kostnadselement som ikke inneholder prislinjjer. Uten prislinjjer får man heller ikke en pris knyttet til kostnadselementet og man sitter derfor kun igjen med en mengde på kostnadselementet.

ISY Calcus har ulike metoder for å tolke enheter og mengder i en modell som blir importert. Man har i utgangspunktet tre valg:

- Benytte beregningsmotor integrert i ISY Calcus, kalt GProg, som tolker og beregner mengde basert på geometrisk utforming. Denne beregningsmotoren tilgjengeliggjør mengder i ulike enheter (stk, m, m² og m³).
- Benytte mengdelister (QTO) generert i innsynsverktøy som f.eks. Solibri. Denne typen beregningsmotorer tilgjengeliggjør vanligvis mengder i ulike enheter (stk, m, m² og m³).
- Lese mengde og enhet angitt i et egenskapssett og eksportert sammen med modellobjektene fra modelleringsverktøyet

Strukturering av kostnadselementer generert basert på modellobjekter

For at kostnadselementer som genereres basert på import av modeller skal havne i korrekt konto i kontoplanen, har man ulike alternative måter å styre dette på. Man kan enten konfigurere importeringsregler slik at dette styres basert på standard IFC-dataskjema. En annen metode er å angi kontonummer ved hjelp av en forhåndsbestemt egenskap på modellobjektet. Eksempel på dette er vist i Figur 16, hvor egenskapsverdien starter med 216 som representerer 3-sifret kontonummer i henhold til NS 3453. Kostnadselementet vil i dette tilfellet havne i konto 216 *Direkte fundamentering*.

4.3.2 Standardisering

Standardiseringsnivå i dag

Per i dag er det lite som er standardisert hva angår overføring av informasjon fra modell til kalkyleverktøy. Intervjupersonenes erfaring er at alle har sin måte å strukturere mengdeuttak og kostnadselementer på og de opplever at disiplinledere som rapporterer input til kostnadskalkylen som regel gir uttrykk for at «min metode er den beste». Det er imidlertid kalkylekoordinatoren som til slutt må sammenstille alle kostnadselementer. De intervjupersonene som har erfaring som kalkylekoordinator mener det helt klart er forbedringspotensiale knyttet til strukturering.

Når det kommer til hvilket nivå man bør standardisere kalkulasjonsarbeidet, er alle enige om at kontoplanen bør være standardisert innenfor ulike prosjektyper. Tre av intervjupersonene mener at kostnadselementer bør standardiseres så langt det lar seg gjøre. For kostnadskalkyler som leveres til Equinor er dette nivået allerede standardisert og er i praksis ufravikelig. Kostnadselementer består som regel av ulike prislinjer, enten én eller flere, på NS 3420-nivå. Reseptmengder på prislinjene vil i større grad være preget av prosjektspesifikke hensyn og kan i mindre grad standardiseres. Intervjupersoner påpeker likevel at det bør etableres maler som man kan ta utgangspunkt i for videre bearbeiding, da disse ofte er relativt like fra prosjekt til prosjekt.

Norsk prisbok

Det informeres om at for typiske bygg- og eiendomsprosjekter vil man i mange tilfeller kunne dra nytte av Norsk Prisbok. Norsk Prisbok er en erfaringsbasert prisdatabase, hvor Bygganalyse og Norconsult Informasjonssystemer har samlet og systematisert prisdata over de siste 20 årene (NOIS og BA).

Norsk Prisbok er nesten utelukkende konsentrert rundt bygningsprosjekter og har dermed begrenset relevant innhold for typiske utendørsarbeider, som hører inn under konto 07 i henhold til NS 3453. Kalkulatører blir derfor tvunget til å samle erfaringstall, basert på prisdata de har hentet fra utførte infrastrukturprosjekter på egenhånd. Strukturen på disse dataene blir naturligvis opp til hvert enkelt prosjekt eller firma å definere, slik det er i dag.

Element- og prisregister

Kostnadskalkyler bygger ofte i stor grad på erfaringstall fra tidligere gjennomførte prosjekter og etablerte prisdatabaser. I ISY Calcus har man direkte tilgang til databaseoppslag i Norsk Prisbok. Disse oppslagsverkene kalles for elementregister og prisregister i ISY Calcus. Et elementregister inneholder naturligvis kostnadselementer

som er forhåndsdefinert. Og tilsvarende gjelder for prisregister som inneholder forhåndsdefinerte prislinjer.

Uten et prisregister, vil ikke et elementregister ha noe verdi, da elementregisteret i praksis kun definerer kostnadselementer som inneholder én eller flere prislinjer fra et prisregister. Et prisregister vil derimot gi verdi, selv uten tilgang på et elementregister, da man står fritt til å etablere nye kostnadselementer i et prosjekt med prislinjer fra prisregisteret. Ønsker man å gjøre alt fra bunn, kan man definere både prislinjer og kostnadselementer direkte i et prosjekt uten bruk av element- og prisregistre. Det er også mulig å etablere egendefinerte registre fra bunn eller basert på allerede eksisterende registre.

Standardisering i Ny lufthavn Bodø

For arkitektur- og konstruksjonsdisiplinene ble det avtalt at en felles egenskap skulle representere IFC Link. Da denne typen koding ikke er standardisert hverken internt i rådgivergruppen eller i bransjen for øvrig, valgte prosjektet å bruke en egenskap som allerede var en del av modellobjektene, nemlig objektnavn. På denne måten unngikk prosjektet å innføre en ny egenskap som må vedlikeholdes av alle produksjonsressurser. Dette valget ble tatt i påvente av at en standardisert egenskap skulle bli innført.

Element	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum	IFC Link
Punktfundament, innervegg. Dim. h x b x l = 1,0 x 5,0 x 5,0 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	9,00	stk	127 653,32	1 148 880	216 Punktfundament 5000x5000x1000mm
Punktfundament, innervegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 4,0 x 4,0 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	27,00	stk	66 539,57	1 796 569	216 Punktfundament 4000x4000x800mm
Punktfundament, innervegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 3,0 x 3,4 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	2,00	stk	48 380,66	96 761	216 Punktfundament 3000x3400x800mm
Punktfundament, innervegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 3,0 x 3,0 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	93,00	stk	43 034,02	4 002 164	216 Punktfundament 3000x3000x800mm
Punktfundament, innervegg. Dim. h x b x l = 0,5 x 2,0 x 2,0 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	38,00	stk	12 950,75	492 129	216 Punktfundament 2000x2000x500mm
Punktfundament, innervegg. Dim. h x b x l = 0,4 x 1,5 x 1,5 m. Antatt armering: 120 kg/m ³	2,00	stk	6 260,81	12 522	216 Punktfundament 1500x1500x400mm

Figur 17 Kostnadselementer generert basert på IFC Link

For å ytterligere redusere vedlikeholdsbehovet for egenskaper knyttet til mengderapportering, ble det bestemt at navn på objektet skulle bestå av to ledd; et 3-sifret nummer som representerer kontonummer i henhold til NS 3453; deretter navn på modellobjektet som er tilstrekkelig beskrivende med hensyn på prisdrivende faktorer og samtidig sikre at objektnavnet blir unikt. Eksempel på dette er vist i Figur 17. Her ser man at det skiller på punktfundamenter basert på størrelse. Størrelsen på punktfundamentet påvirker reseptmengdene til hver enkelt prislinje i kostnadselementet. Det vil si hvor mye man har behov for av hver ingrediens, som igjen påvirker prisen.

4.3.3 Automatisering

Automatiseringsnivå i dag

Normalt sett er det kun deler av prosessen med å hente ut mengdelister fra modell som er automatisert i dag ifølge intervjupersonene. Eksempler kan være «schedules»-funksjonalitet i Revit, mengderapporter-funksjonalitet i Novapoint eller Norconsult-spesifikke addins i Civil 3D. Resultatet er som regel mengdelister i Excel-format. I de prosjektene man har testet import av modell direkte inn i kalkulasjonsverktøyet derimot, har man også tilrettelagt for automatisert konvertering fra modellobjekt til kostnadselement. Intervjupersonene mener at denne metoden sjelden benyttes og i større grad tilhører fremtiden.

Hva bør automatiseres?

De prosessene som blir mer effektive ved automatisering, bør automatiseres så lenge man har kontroll på rutineene. Ifølge intervjupersonene er det imidlertid risiko for å miste oversikten når tradisjonelt manuelle prosesser automatiseres. Dette må ivaretas på en god måte for å opprettholde kvalitet og unngå feil. En intervjuperson mener man har full kontroll ved manuelle metoder og at kalkulatorer ikke er trygge nok på håndteringen av modeller. Det bidrar sannsynligvis til at man tviholder på den tradisjonelle manuelle måten å jobbe på.

Pilotprosjekt i Ny lufthavn Bodø – Arkitektur og konstruksjon

I forprosjektet ble automatisert mengdeuttak med direkte overføring til kalkyleverktøy kun testet ut for arkitektur- og konstruksjonsdisiplinene. Tabell 6 viser en oversikt over andel kostnadselementer og andel kostnader som til slutt kom direkte fra modell for respektive byggverk i U4.

Tabell 6 Andel kostnadselementer/kostnader automatisk generert fra modell i U4

Bygning	Totalt antall kostnadselementer (alle disipliner)	Andel kostnadselementer (alle disipliner)	Andel kostnad (alle disipliner)	Andel kostnadselementer (arkitektur)	Andel kostnad (arkitektur)	Andel kostnadselementer (konstruksjon)	Andel kostnad (konstruksjon)
Terminal	446	45 %	56 %	61 %	65 %	85 %	95 %
Kontor, parkeringshus og varemottak	267	67 %	78 %	88 %	95 %	91 %	98 %
Fastpunkter og broer	60	58 %	81 %	100 %	100 %	95 %	91 %
Driftsbygg og brannstasjon	154	51 %	51 %	81 %	93 %	91 %	96 %
Tømmestasjon	45	87 %	69 %	86 %	94 %	100 %	100 %
Hovedport	43	81 %	45 %	81 %	93 %	100 %	100 %

Som Tabell 6 viser, er andelen kostnadselementer/kostnader for arkitekturdisiplinen knyttet til terminalen, som er automatisk generert basert på modellen, vesentlig lavere enn for øvrige bygg. Ved å se nærmere på terminalen, finner man at følgende kostnadsdrivende elementer, som kun forekommer i terminalen, ikke har blitt modellert:

- Fast inventar, herunder;
 - o Sikkerhetselementer (sikkerhetskontroll med bånd, screening, portal, sluser osv.)
 - o Skilting og taktil merking
- Gangbroer

Ser man nærmere på kostnadselementer som ikke genereres fra modell for arkitektdisiplinen for øvrige bygg, er det i hovedsak fast inventar som står for de resterende 10-15% av kostnadselementene.

For kostnader rapportert av konstruksjonsdisiplinen, ser man i Tabell 6 at andelen generert ut fra modellobjekter dekker stabilt over 90%. Andel kostnadselementer ligger prosentvis noe lavere, men dekker likevel over 85% for respektive bygg. For konstruksjonsdisiplinen er det stort sett trapper og påstøp på dekker som mangler i modell.

Hva kan ikke automatiseres?

Intervjupersonene er samstemt om hva som ikke kan automatiseres. På overordnet nivå er de opptatt av at man ikke kan automatisere seg bort fra å tenke. Kostnadskalkyler er i seg selv komplekse og sammensatte basert på både kvantitative undersøkelser og erfaringsbaserte vurderinger. Man har som regel prosesser man på forhånd ikke kjenner, og de lar seg vanskelig automatisere.

Et konkret eksempel på prosesser som ifølge intervjupersonene ikke lar seg automatisere er selve mappingen mellom modellobjekt og kostnadselement – dette en standard som ikke eksisterer per i dag og som må etableres enten i prosjekt, organisasjon eller i bransjen. Dette er link mellom modell og kalkyle, som man må bruke hodet og tenke seg om for å definere, slik at man ender opp med en kostnadskalkyle som er en gyldig representasjon av innholdet i modellen.

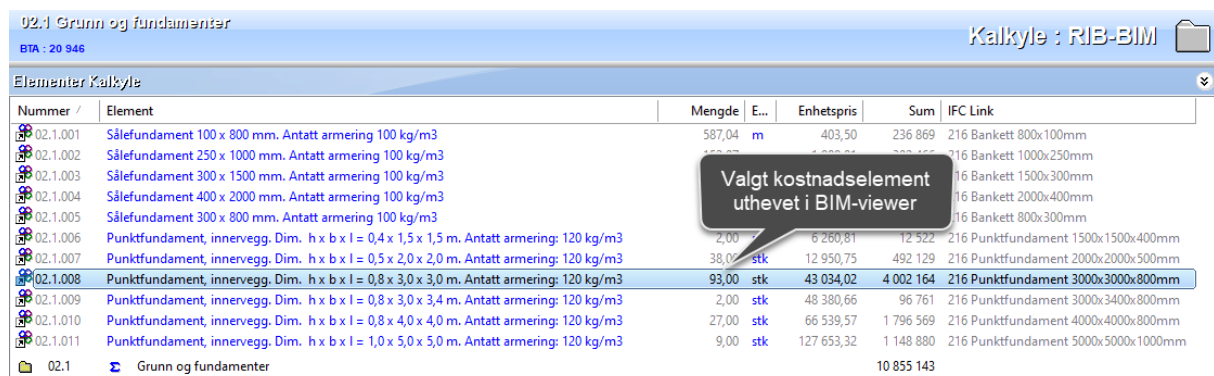
Fra å automatisere til automatisk

En intervjuperson som jobber mye med modellkoordinering er opptatt av at det bør tilrettelegges for synkronisering mellom modellerings- og kalkulasjonsverktøyene, fremfor import og eksport. På denne måten kan man spare både tid og redusere risiko for feil i overføringen.

4.3.4 Visualisering

Visualisering av modell i kalkyleverktøyet

I ISY Calcus kan man se modellene som har blitt importert i en modellvisning. Denne visningen er dynamisk og følger brukernes aktivitet i kalkulasjonsverktøyet. Markerer man et kostnadselement som er generert basert på modellen, vil også modellobjektene i modellvisningen bli markert/uthevet, som vist i Figur 18. Ved hjelp av en slik modellvisning, mener intervjupersonene at man enkelt kan visualisere modellen og ha bedre kontroll på hvilke kostnadselementer man faktisk jobber med i kalkyleverktøyet.



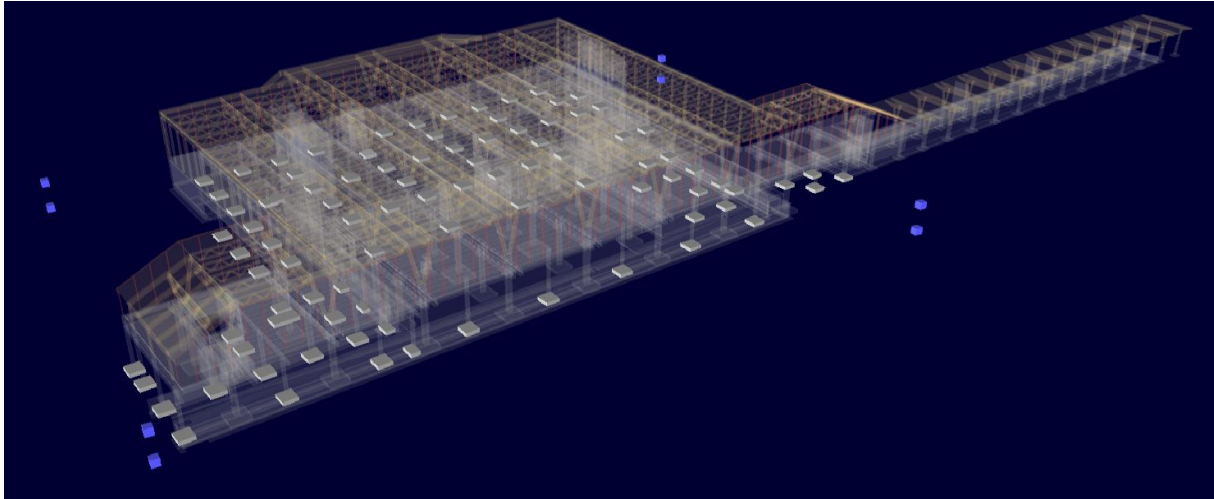
02.1 Grunn og fundamenter

BTA : 20 946

Kalkyle : RIB-BIM

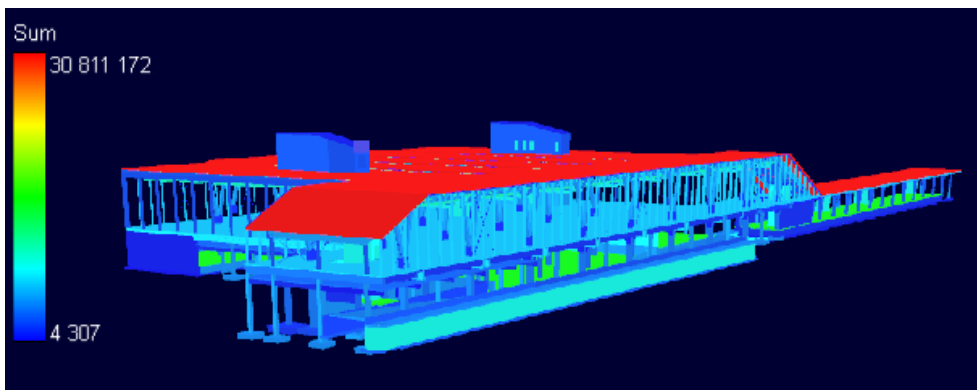
Elementer Kalkyle

Nummer /	Element	Mengde	E..	Enhetspris	Sum	IFC Link
02.1.001	Sålefundament 100 x 800 mm. Antatt armering 100 kg/m3	587,04	m	403,50	236 869	216 Bankett 800x100mm
02.1.002	Sålefundament 250 x 1000 mm. Antatt armering 100 kg/m3	155,07	m	4 000,01	620 355	216 Bankett 1000x250mm
02.1.003	Sålefundament 300 x 1500 mm. Antatt armering 100 kg/m3					216 Bankett 1500x300mm
02.1.004	Sålefundament 400 x 2000 mm. Antatt armering 100 kg/m3					216 Bankett 2000x400mm
02.1.005	Sålefundament 300 x 800 mm. Antatt armering 100 kg/m3					216 Bankett 800x300mm
02.1.006	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,4 x 1,5 x 1,5 m. Antatt armering: 120 kg/m3	2,00	stk	6 260,81	12 522	216 Punktfundament 1500x1500x400mm
02.1.007	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,5 x 2,0 x 2,0 m. Antatt armering: 120 kg/m3	38,00	stk	12 950,75	492 129	216 Punktfundament 2000x2000x500mm
02.1.008	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 3,0 x 3,0 m. Antatt armering: 120 kg/m3	93,00	stk	43 034,02	4 002 164	216 Punktfundament 3000x3000x800mm
02.1.009	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 3,0 x 3,4 m. Antatt armering: 120 kg/m3	2,00	stk	48 300,66	96 761	216 Punktfundament 3000x3400x800mm
02.1.010	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 0,8 x 4,0 x 4,0 m. Antatt armering: 120 kg/m3	27,00	stk	66 539,57	1 796 569	216 Punktfundament 4000x4000x800mm
02.1.011	Punktfundament, innvegg. Dim. h x b x l = 1,0 x 5,0 x 5,0 m. Antatt armering: 120 kg/m3	9,00	stk	127 653,32	1 148 880	216 Punktfundament 5000x5000x1000mm
02.1	Grunn og fundamenter				10 855 143	

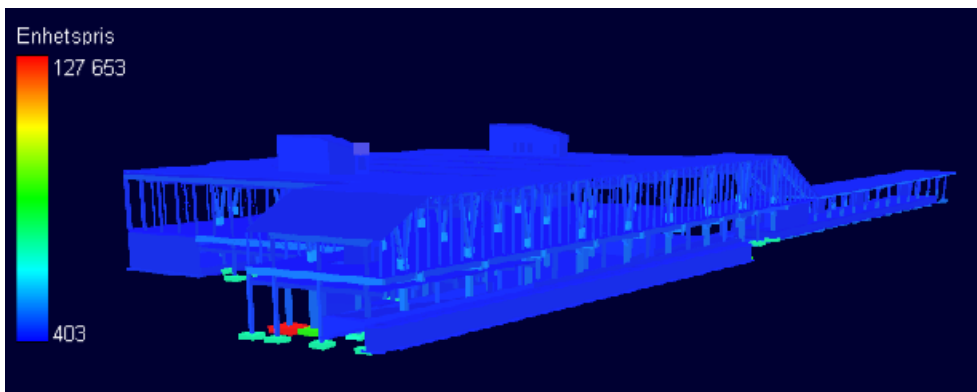


Figur 18 Visning av kostnadselement/modellobjekt i modellvisning

Visuell fremstilling av hvilke kostnadselementer som er prisdrivende i sum (vist i Figur 19) eller enkeltvis basert på enhetspriser (vist i Figur 20), kan være nyttig både ved kvalitetssikring av kostnadskalkylen, men også for identifisering og vurdering av potensielle kostnadsreducerende tiltak.



Figur 19 Heatmap - Visualisering av kostnadselementer basert på totalsum



Figur 20 Heatmap - Visualisering av kostnadselementer basert på enhetspris

4.4 Mennesker (intervjuer og casestudie)

4.4.1 Skjønn

Flere intervjupersoner nevner at det gjøres mange skjønnsmessige vurderinger ved mengdeuttak til kostnadskalkyle og at det i all hovedsak dreier seg om forenkling av informasjon eller mengder som er tilgjengelig i modellverktøyet. Denne forenklingen gjøres for å spare tid. Alle intervjupersonene er enige om at mengder i fremtiden bør kunne overføres til kalkulasjonsverktøyet uten at man må gjøre dette manuelt, slik at man frigjør tid til kvalitetssikring. En intervjuperson sier:

«En klar utfordring er at informasjon går via mine øyne, via min hjerne, via mine hender. Og det innebærer mange steg som øker risikoen for at noe blir feil, selv om fremgangsmåten i utgangspunktet er korrekt. Man kan taste feil, man kan se feil, man kan tenke feil. Man kan gjøre feil og ha noen tanker som er feil, men det er likevel viktig å tenke. Hvis modell og kalkulasjonsverktøyet kan kommunisere, vil det sannsynligvis redusere feil og samtidig frigjøre tid til våre nødvendige tankeprosesser og kvalitetssikring.»

4.4.2 Kost-/nyttevurderinger

Hvilken nytte har det i dag?

I dag bruker man like mye tid på automatisert overføring av modellobjekter til kostnadselementer som ved manuelle metoder. Noen intervjupersoner tror man muligens bruker mer tid, da det krever omfattende arbeid med å etablere rammeverk og rutiner i mangel på omforente standarder. I tillegg kan prosjektmedarbeidere være usikre på hvordan metodene fungerer i praksis, som medfører at de må gjøre ytterligere manuelle kontrollberegninger for å stole på prosessene som er automatisert.

Hva må være på plass?

Intervjupersonene er ikke i tvil at man må redusere og helst unngå prosjektspesifikke *workarounds*, som per i dag er nødvendig, før man kan innføre automatisert mengdeuttak som standard praksis i organisasjonen. Mengdeuttaket må kunne overføres til kalkyleverktøyet på en slik måte at det ivaretar den omforente kontoplanen i prosjektet. Om denne forutsetningen ikke er oppfylt vil man trolig miste oversikten, noe flere av intervjupersonene smertelig har fått erfare i pilotprosjekter. I tillegg til å miste oversikten, vil man også måtte bruke tid på å flytte kostnadselementer i kostnadskalkylen manuelt. En intervjuperson sier:

«Der noen sparer, må noen andre gjøre ekstraarbeid.»

Det er viktig at måten modellobjekter er koblet til kostnadselementer er enkelt kontrollere, slik at man fort kan få oversikt over automatiserte prosesser som kjøres i bakgrunnen og kan følge opp informasjonsflyten der det er behov.

Hvilken nytte vil automatisert mengdeuttak ha?

Automatisert mengdeuttak fra modell vil spare mye tid, men det forutsetter at modellen er tilstrekkelig beriket med modellobjekter og tilhørende informasjon. Noen intervjupersoner ytrer bekymring for at tiden man benytter på å berike modellen med den nødvendige informasjonen for kostnadskalkulasjon vil spise opp mye av den tiden man sparer.

Intervjupersonene mener automatisering av mengdeuttaket vil frigjøre noe av kalkulatørens eller disiplinledernes tid som kan benyttes på kontroll og kvalitetssikring, fremfor å manuelt fylle inn mengder i kalkulasjonsverktøyet. Dette vil være mer konstruktiv bruk av tid.

Automatisert mengdeuttak vil forbedre sporbarhet og redusere risiko for feil betydelig sammenlignet med dagens manuelle tasting kombinert med tolkning og skjønn. Det vil bli enklere å forstå hva som har blitt gjort i prosjektene, dersom man har behov for å ta et steg tilbake og vurdere kalkyleunderlaget på et senere tidspunkt. Man kan også være tryggere på hvilke modellobjekter de ulike kostnadselementene representerer, når man har en visuell fremstilling av modellen i kalkulasjonsverktøyet.

4.4.3 Endringsholdning

Endringsholdning i Ny lufthavn Bodø

I prosjektet har kalkylekoordinator sammen med prosjektledelsen pushet på for å utforske nye metoder. Arkitekter og konstruksjonsingeniører ble med på leken til slutt og er veldig fornøyd med resultatet, selv om ikke alt gikk knirkefritt i pilotprosjektet.

Er det rom for å endre rutiner knyttet til kostnadskalkulering?

Generelt er inntrykket at de aller fleste er åpne for å endre rutiner til det bedre internt i organisasjonen. Formatet man skal levere avhenger av kunden og på dette området skal det gjerne gode argumenter til for å gjøre endringer, men det behøver ikke påvirke hvordan man gjennomfører selve kalkulasjonsprosessen i stor grad.

Hvem pusher eller holder igjen?

Erfarne kalkulatører som har vært ute en vinternatt før, har en tendens til å holde igjen på gode gamle metoder, mener et par yngre intervjupersoner. Mer erfarne intervjupersoner mener imidlertid at det er ingen som holder igjen. Alle er enige om at de ressursene som oppdager at kostnadskalkyler er et interessant og spennende tema, gjerne er de som pusher på for å forbedre kalkulasjonsmetodene, uavhengig om de er rustet med mye erfaring eller ikke.

Er ledelsen villig til å investere?

Intervjupersonene har et inntrykk av at linjeledelsen generelt gir uttrykk for å være positivt innstilt til å utforske nye metoder med automatisert kobling mellom modell og kostnadskalkyler. Likevel er det flere som påpeker at ord ikke nødvendigvis fører til handling.

Det er imidlertid blandede signaler knyttet til prosjektledelsens innstilling til utviklingsarbeid, da noen tenker at dette kan belaste prosjektene unødvendig uten å vite om den forventede gevinsten blir realisert. Dette avhenger i stor grad av type og størrelse på prosjektet, om man har lagt inn nok utviklingsarbeid i budsjettet eller må ta risikoen på egen kappe.

5 Diskusjon

Formålet med oppgaven

Denne oppgaven har som formål å belyse hvilke effekter man vil kunne få ved å knytte modellen opp mot kostnadskalkylen i forprosjektfasen av typiske infrastrukturprosjekter. For å etablere et diskusjonsunderlag som er nødvendig for å diskutere problemstillingen har to forskningsspørsmål blitt stilt;

1. Hvordan utføres mengdeuttak til kostnadskalkyler i dag ved prosjektgjennomføring av typiske infrastrukturprosjekter?
2. Hvordan bør modeller kobles opp mot kostnadskalkyler ved prosjektgjennomføring av typiske infrastrukturprosjekter?

Forskningsspørsmålene har dannet grunnlaget for utarbeidelse av intervjuguiden, vist i vedlegg 1. Intervjuguiden har naturligvis blitt brukt i utførte dybdeintervjuer, men for å ikke gå seg vill i litteraturen og casestudien har dette verktøyet også hjulpet med å manøvrere også i disse undersøkelser.

5.1 Rammeverk

NS 3453 og andre kontostrukturer

Som beskrevet i kapittel 4.1 er NS 3453 et rammeverk som bygger på NS 3451 og spesifiserer hvordan kostnadselementer skal fordeles i en gitt kontoplan. NS 3453 har åpenbart rettet størst fokus mot bygningsprosjekter, da denne strukturen har satt av seks hovedkontoer til huskostnader, mens det kun er satt av én hovedkonto til utendørskostnader. Som følge av dette er det normalt at man i typiske infrastrukturprosjekter vurderer behovet for å bruke en annen kontoplan enn den som er definert i NS 3453. Ny lufthavn Bodø er et eksempel på kombinert bygg- og anleggsprosjekt hvor kontoplan i henhold til NS 3453 kun egner seg for deler av kostnadskalkylen.

Intervjupersonene understreker at kontoplanen bør defineres og omforenes i det aktuelle prosjektet så tidlig som mulig. På denne måten kan man i større grad ivareta strukturen underveis i produksjonen, fremfor å implementere dette til slutt når man begynner å få knapt med tid. Det er ingen tegn i litteraturen eller resultatene som tyder på at en egendefinert kontoplan vil være ødeleggende. Så lenge den er omforent og blir ivaretatt i modelleringen vil den fungere ved automatisert mengdeuttak til kostnadskalkylen. I praksis betyr det at hvilken som helst kontoplan kan benyttes ved modellbasert kostnadskalkyle, så lenge den etableres og er omforent innen avtalt tidspunkt. En kontoplan som ikke er standardisert vil imidlertid kreve tid til tilrettelegging i hvert enkelt prosjekt.

Rammeverk som knytter modellobjekter med kostnadselementer

Fazeli et al. (2021) er tydelig på at det ikke er etablert et omforent rammeverk som tilrettelegger for sømløs kommunikasjon mellom modellobjekter i modeller og kostnadselementer i kostnadskalkyler. Resultatene i oppgaven støtter også denne

oppfatningen. Før man anbefaler å etablere et slikt rammeverk er det derfor nærliggende finne ut eksisterende rammeverk, som benyttes i bransjen i dag, kan egne seg for formålet. Det eksisterer som kjent et rammeverk for beskrivelsesprosessen som i de aller fleste tilfeller kommer kronologisk etter gjennomført forprosjekt, nemlig NS 3420. Derfor er det interessant å vurdere hvorvidt beskrivelsessystemet i NS 3420 også kan egne seg for koding av modellobjekter for å knytte disse opp mot kostnadselementer i forprosjektfasen. Det vil sannsynligvis gi positive effekter i etterkommende faser i prosjektgjennomføringen, i de tilfellene beskrivelsessystemet uansett skal benyttes.

NS 3420-koders egnethet som pridentifikator

NS 3420 er et beskrivelsessystem som har til hensikt å generere mengdelister for kalkulasjon av forespørslor og til å følge opp prosjekter under utførelse. I praksis er formålet med dette rammeverket til dels det samme som ved kostnadskalkulasjon i et forprosjekt; man forsøker å synliggjøre hva prosjektet vil koste å gjennomføre. I en kalkulasjonsprosess er det derfor viktig å identifisere den informasjonen som påvirker enhetsprisen på de ulike kostnadselementene i prosjektet, tidligere omtalt som prisdrivende faktorer.

Hver NS 3420-post er representert ved blant annet en kode. Det kommer frem av kapittel 4.1 at koden ikke nødvendigvis er unik, selv om leveransen den representerer er unik. Det vil si at man kan bruke identiske koder til å beskrive ulike arbeider eller leveranser. Selv om ikke prosesskoden til Statens Vegvesen behandles i denne oppgaven kan det være relevant å opplyse om at dette er stikk i strid med hva prosesskoden tillater. I prosesskoden tillates kun poster med unike koder.

Som man ser i kapittel 4.1 vil en kode normalt sett representere samme type objekt, men dimensjon, materiale, utførelsesmetoder og lignende egenskaper vil ikke nødvendigvis være representert i selve NS 3420-koden. I praksis betyr det at de prisdrivende faktorene, som er nærmere diskutert i kapittel 4.2.4, ikke fremkommer av NS 3420-kodene alene. Og som følge av dette må man ha tilleggsinformasjon for å kunne angi en enhetspris.

Tilleggsinformasjon i denne sammenheng kan ses på som variabler. Flere variabler kan bety «uendelig» mange varianter. Samtidig har man et begrenset antall erfaringspriser som benyttes til kostnadskalkulasjon. At NS 3420-koden ikke representerer de prisdrivende faktorene alene vil skape utfordringer dersom man skal forsøke å automatisere kobling mellom modellobjekter og kostnadselementer ved å benytte denne koden som egenskap.

Dette funnet gjør det relevant å spørre seg om det har noen hensikt å investere tiden som kreves for å definere NS 3420-koden, i en fase man i utgangspunktet ikke har et konkret behov for den, hvis ikke de prisdrivende faktorene fremkommer av denne. Dersom koden er irrelevant i forprosjektet, vil dette være et kost-/nyttespørsmål.

5.2 Prosess

5.2.1 Arbeids- og ansvarsfordeling

Intervjuene og casestudien i denne oppgaven viser at det normalt sett er en produksjonsressurs som har ansvaret for å identifisere mengder til kostnadskalkylen i et forprosjekt. Det avhenger av organiseringen i prosjektet, hvilke ressurser som er tilgjengelig og ikke minst hvor detaljert den aktuelle disiplinen produserer mengdegrunnlag. I større prosjekter, som for eksempel er omfattet av Statens prosjektmodell, er tendensen at de som produserer mengdegrunnlaget også får ansvar for å identifisere mengdene. Videre overtar disiplinleder eller en dedikert kalkulatør ansvaret for å definere kostnadselementer og knytte disse sammen med mengdeuttaket.

Dersom man skal benytte modell som underlag for mengdeuttak, vil man med fordel kunne skyve deler av ansvaret med å definere kostnadselementer over på produksjonsressursen, da det er denne personen som jobber direkte i modelleringsverktøyet. Det vil si at produksjonsressursen får ansvaret for å angi den nødvendige informasjonen på det aktuelle modellobjektet som trengs for å knytte dette opp mot et kostnadselement i kostnadskalkylen. Dersom generering av kostnadselementer basert på informasjon på modellobjekter blir automatisert, vil disiplinleder i praksis sitte igjen med skjønnsmessige vurderinger og kvalitetssikring. Produksjonsressurs og disiplinleder kan likevel samarbeide om å definere hvilke modellobjekter som skal kobles til respektive kostnadselementer.

Kalkylekoordinatoren vil utføre ytterligere tverrfaglig kvalitetssikring og sammenstillingsoppgaver. Som Hardin og McCool (2015) påpeker, vil nye metoder med modellbasert kostnadskalkulasjon kreve at kalkylekoordinatører har tilstrekkelig teknologisk kompetanse. Intervjupersoner bekrefter dette, og en utdyper:

«Det er viktig at vi har kontroll på informasjonsflyten, at den er sporbar og enkel å forstå. Hvis ikke mister vi kontroll og blir stilt til veggs.»

For å håndtere denne fallgraven er det viktig at kalkylekoordinatoren får den nødvendige opplæringen for å kunne håndtere modellen i kalkulasjonsarbeidet på en god måte. Med riktig kompetanse vil kalkylekoordinatoren også kunne benytte modellen som underlag for øvrige kostnadselementer, som ikke kan automatiseres eller hentes direkte fra modellen (Vitásek og Matějka, 2017).

Endringer i rekkefølge ved ny metode

Med tradisjonelle manuelle metoder for mengdeuttak må strukturen for kontoplan og kostnadselementer først være definert etter at mengdeuttaket har blitt utført. Grunnen er at man ved manuelle metoder kan manuelt redigere mengdeuttaket til å passe inn i ønsket struktur. Dette er tungvint, men fullt mulig. Innføring av ny metode med modellbasert kostnadskalkulasjon fordrer imidlertid at kontoplan og kostnadselementer defineres som en del av modelleringen, altså på et tidligere stadiet enn det gjøres i dag. Det har med seg både positive og negative effekter.

Et resultat av at man arbeider med struktur for kontoplan og kostnadselementer tidlig, vil være at man unngår mye «armer og bein» tett opp mot leveranse av kostnadskalkylen. På en annen side er konsekvensen at tidsbruken til nødvendig tilrettelegging øker, som igjen kan påvirke hvor fort produksjonen kommer opp i fart. Det kan oppstå andre behov i prosjektet som tilsier at man må prioritere produksjon fremfor tilrettelegging og dette kan påvirke hvordan f.eks. prosjektledelsen oppfatter den nye metoden – at den sinker

farten. Dette kan bidra til frustrasjon. Prosjektledelsen eller produksjonsressurser vil først oppleve fordelene ved ny metodikk når man har startet på kostnadskalkulasjonen og skal gjennomføre det automatiserte mengdeuttaket, som tradisjonelt sett kommer sent i et forprosjekt.

5.2.2 Faser og detaljeringsgrad

I forprosjektfasen vil man normalt sett modellere med et begrenset detaljeringsnivå ifølge intervjupersonene. Dette varierer på tvers av aktuelle/involverte disipliner. I forprosjektfasen er det ikke sikkert at tekniske disipliner modellerer overhodet. For disse disiplinene er det naturlig å knipe på detaljeringsnivået i modell for å redusere antall revisjoner som følge av kontinuerlig utvikling. Dersom enkelte disipliner velger å ikke utarbeide modeller i forprosjektfasen, kan heller ikke modell benyttes som underlag for mengdeuttak til kostnadskalkylen. Og prosessen kan naturlig nok heller ikke automatiseres. Da må man vurdere hvorvidt man skal investere tid til å få respektive disipliner til å utarbeide modeller, eller om man skal behandle disse disiplinene i kostnadskalkylen ved bruk av andre metoder.

De fleste disipliner som modellerer i et forprosjekt, gjør dette på et begrenset nivå for ikke å kaste bort dyrebar tid. Det kan virke som at det er fokus på modellering av det visuelle sluttresultatet. Man tar seg for eksempel ikke tid til å modellere armering eller forskaling av et fundament, selv om dette er prisbærende poster, men fokuserer på geometrien til betongen som er synlig til slutt. Et naturlig svar på hvorfor det er slik, kan være at armering er tidkrevende å modellere, samtidig som det ikke vil gi spesielt stor merverdi med hensyn på tverrfaglige avklaringer i forprosjektfasen. Selv om detaljeringsgraden i modell ikke er spesielt høy i et forprosjekt, representerer modellen kanskje vel så godt detaljeringsnivå som et tegningsgrunnlag ville gitt.

På bakgrunn av ovennevnte avsnitt kan man slå fast at fullstendige NS 3420-poster på generelt grunnlag ikke harmonerer med modellens detaljeringsgrad i et typisk forprosjekt. Dersom man skal benytte modellen som underlag for kostnadskalkulasjon bør man derfor se på metoder som tilrettelegger for at ett modellobjekt kan representere flere NS 3420-poster.

Sacks et al. (2018) beskriver hvordan man kan benytte modellunderlag for mengdeuttak selv om ikke modellen er veldig detaljert. I tidligfase kan kostnadselementer som ikke er tilstrekkelig modellert fanges opp ved å benytte reseptmengder som er basert på modellerte nøkkelkomponenter. Sagt på en annen måte kan man definere kostnadselementer som består av en rekke prislinjer. Prislinjene vil da være typiske NS 3420-poster som ikke modelleres, men som alltid vil være nødvendig å ha med seg i et gitt kostnadselement. Eksempel kan som nevnt være forskaling av et fundament som ikke er modellert, men som kan ivaretas ved å benytte reseptmengder basert på størrelsen til et fundament som er modellert.

For å sikre at kvaliteten ivaretas, må man definere retningslinjer for hva som skal fremkomme av modell og hva som blir håndtert av underliggende prislinjer – slik at det ikke blir opp til hver enkelt å vurdere «hva som er nok». Da faller sannsynligvis informasjon og prisbærende poster mellom flere stoler. Om man definerer slike retningslinjer vil man også enklere kunne kommunisere om mangler i modell, som da manuelt defineres i kalkyleverktøyet. Ved ytterligere detaljering i modell utover detaljeringsgraden som er avtalt, vil modellobjekter representere kostnadselementer som kun representerer én prislinje.

5.2.3 Struktur i kostnadskalkylen

Kontoplanen gir strukturen i kostnadskalkylen. Den vil ikke nødvendigvis ha direkte innvirkning på kostnadene, men handler i større grad om kunne kategorisere kostnadene i prosjektet. Intervjupersonene er enige om at kontoplan bør standardiseres så langt det lar seg gjøre. Det vil effektivisere arbeidet med modellbaserte kostnadskalkyler, da man i større grad kan etablere maler og konfigurasjonsfiler. Ved bruk av standardiserte kontoplaner vil man kunne redusere tid til tilrettelegging i hvert enkelt prosjekt.

5.2.4 Informasjonsbehov

Før man kan vite hvilken informasjon som er nødvendig å få rapportert i mengdeuttaket, bør man vite hvordan mengdeuttaket skal knyttes opp mot respektive enhetspriser. Man må f.eks. avklare om man skal rapportere gravemengder for en rørgrøft i enheten løpemeter eller kubikkmeter. Bakgrunnen for dette er at man som regel har et begrenset utvalg med erfaringsbaserte enhetspriser som egner seg i det aktuelle prosjektet.

Intervjupersonene er tydelige på at det er de prisdrivende faktorene som er relevant å fremskaffe i forbindelse med mengdeuttak til kostnadskalkulasjon. Det kommer frem at informasjon om type objekt samt materiale og dimensjon, i stor grad representerer den informasjonen man behøver i forbindelse med kostnadskalkulasjon. Det vil variere med type objekt/arbeidsoperasjon om materiale og dimensjon er relevant eller ikke, men dersom man tar utgangspunkt i at denne informasjonen er tilgjengeliggjort der det er relevant, vil man i stor grad ha den informasjonen man trenger til kostnadskalkulasjon.

5.2.5 Iterative prosesser

Prosjektering av løsninger er under konstant utvikling i et typisk forprosjekt. Cheung *et al.* (2012) argumenterer for hvorfor sanntidstilbakemeldinger, på hvilke kostnadskonsekvenser prosjekterte løsninger vil ha, er nødvendig for å prosjektere helhetlig optimale løsninger i tidligfasen. Dette vil gi store positive effekter i kostnadsstyrt prosjektering. Én intervjuperson har samme oppfatning og påpeker at det ville vært veldig gunstig med dynamisk synkronisering mellom modellerings- og kalkulasjonsverktøy, fremfor eksport og import av statiske modellfiler.

Tidlig tilrettelegging av struktur kan gi positive effekter ved at iterative kostnadsanalyser kan bli gjennomført uten mye arbeid. Det er interessant hvordan intervjupersonene forteller om at behovet for iterative prosesser er en forutsetning for at automatisert mengdeuttak fra modell skal være formålstjenlig med hensyn på tidsbruk. Dersom det ikke er behov for gjentakende kostnadsanalyser, vil man ikke kunne forsvare tidsbruken til tilrettelegging av det nødvendige rammeverket. Det kan tyde på at dersom rammeverket er tilrettelagt og omforent på forhånd, vil metodikken være langt mer interessant å implementere som standard praksis.

5.3 Teknologi

5.3.1 Verktøy og praksis

Dagens praksis

I dag brukes vanligvis en kombinasjon av ulike verktøy for å identifisere mengder som underlag for kostnads kalkulasjon. Intervjupersonene opplever at dette kan være litt kaotisk. Mengdene høstes ved hjelp av mengdelister fra modelleringsverktøyet eller ved at man måler og teller opp objekter manuelt, enten direkte i modelleringsverktøyet eller i eksporterte tegninger/modeller. Disiplinledere rapporterer vanligvis disse mengdene til en kalkylekoordinator ved hjelp av exceldokumenter. Videre sammenstiller kalkylekoordinatoren mengdene i et kalkyleverktøy, som for eksempel ISY Calcus.

Dagens praksis med bruk av ulike verktøy til mengderapportering gjør at mengden manuelle repetitive arbeidsoperasjoner ved sammenstilling av kalkulasjonsmaterialet er stor. Det vil være gunstig at mengdeuttak blir rapportert i samme verktøy og baseres på den samme strukturen. Det vil både effektivisere sammenstillingen og ikke minst redusere risikoen for feil som man har ved manuell overføring av underlaget.

Muligheter og begrensninger ved bruk av modell

Ved bruk av modell direkte inn i kostnads kalkulasjonen vil man ha mulighet til å automatisere deler av arbeidet med å skape kostnadselementer. For å få til dette er det nødvendig å klassifisere modellobjektene, slik at disse kan knyttes til kostnadselementer på en logisk måte. Uten noen form for klassifisering vil man ikke kunne identifisere modellobjektenes formål og heller ikke hvilke kostnadselementer modellobjektene representerer. En enkel metode for klassifisering vil i denne sammenheng være å benytte en unik egenskap på modellobjektet som representerer et unikt kostnadselement. På denne måten vil et modellobjekt, med en egenskap som matcher med egenskap til et kostnadselement, kunne generere et kostnadselement automatisk.

Av flere årsaker vil det ikke nødvendigvis være hensiktsmessig å definere alle tenkelige typer kostnadselementer. Det vil blant annet være tidkrevende både å etablere, men også å vedlikeholde et slikt register. Dessuten har man kanskje ikke de erfaringstallene man trenger for å definere alle kostnadselementer tilgjengelig. Man er derfor nødt til å vurdere hvor detaljert kostnadselementene skal etableres på bakgrunn av hva som er formålstjenlig.

Dersom man har modellobjekter som mangler egenskapen som skal til for å knytte det opp mot et kostnadselement, vil man måtte vurdere hvert enkelt tilfelle for seg selv. Dette vil kunne være en tidkrevende prosess. Det er derfor nyttig å etablere et register som dekker en stor andel av de typiske kostnadselementene man har i et prosjekt.

5.3.2 Standardisering

Utfordringer knyttet til generalisering

Det er ikke til å legge skjul på at prosjekter er unike, noe som gjør det vanskelig å generalisere alle hensyn. Som diskutert i kapittel 5.2.2 vil man i et forprosjekt måtte forholde seg til en relativt lav detaljeringsgrad i modellen. Det betyr imidlertid ikke at estimerte kostnader skal være lavere i denne prosjektfasen enn senere i prosjektet. For å fange opp alle kostnader knyttet til et modellobjekt, kan derfor løsningen være å innføre et nivå under kostnadselementer som definerer kostnader på typisk NS 3420-nivå, kalt prislinjer. Reseptmengder på prislinjene vil i større grad være preget av prosjektspesifikke hensyn og kan i mindre grad standardiseres. Løsningen kan være å etablere et register med et visst antall lignende kostnadselementer som har ulike reseptmengder. Ved behov for flere varianter, kan man ta utgangspunkt i det som er etablert i registeret og justere reseptmengder for å passe med objekter i det aktuelle prosjektet.

5.3.3 Automatisering

Som nevnt i kapittel 2.3 fordrer automatisering av repetitive prosesser en standardisert struktur (Monteiro og Martins, 2013). Når man ikke har en standardisert struktur for mengdeuttak til kostnadskalkyler, går det på bekostning av mulighetene man har for å automatisere overføring av mengder fra modell til kostnadskalkyle.

Med begrensningene man har i rammeverket i dag, som er diskutert i kapittel 5.1, vil man ha utfordringer med å automatisere koblingen mellom modellobjekter og kostnadselementer uten å etablere prosjektspesifikke *workarounds*. Det er derfor nødvendig at det etableres et rammeverk for koding av modellobjekter som ivaretar de prisdrivende faktorene. Dersom et slikt rammeverk skal kunne fungere i et typisk forprosjekt, må man legge til grunn at detaljeringsgraden i modell på dette stadiet er relativt lavt.

Etablering av et rammeverk for koding av modellobjekter som ivaretar de prisdrivende faktorene, vil også danne grunnlaget for å etablere elementregister bestående av samsvarende kostnadselementer. Om rammeverket for koding og elementregisteret etableres, vil man med verktøy som for eksempel ISY Calcus i stor grad kunne automatisere koblingen mellom modellobjekter i modell og kostnadselementer i kostnadskalkylen.

I Ny lufthavn Bodø-prosjektets pilotøvelse ble arkitektur- og konstruksjonsdisiplinens modeller koblet direkte til kostnadskalkylen. Som man ser i Tabell 6, er andelen kostnadselementer generert basert på modell veldig høy for alle aktuelle byggverk. Det er kun et lite fåtall kostnadselementer som er lagt inn manuelt. Arkitektur-modellene ligger noe lavere prosentmessig, spesielt på terminalkomplekset. Det har samtidig med seg logiske forklaringer knyttet til avtalt detaljeringsnivå i prosjektet, hvor fast inventar ikke skulle modelleres. Denne pilotøvelsen er vanskelig å generalisere, men kan gi en pekepinn på hva de aktuelle disiplinene har mulighet til å levere i et forprosjekt, gitt liknende forutsetninger.

Behov for fleksibilitet

Selv om et godt rammeverk muliggjør automatisering, må man alltid ha mulighet til å «fill the gaps» manuelt. Det vil for eksempel ikke alltid være rasjonelt å modellere opp modellobjekter for alle kostnadselementer. I andre tilfeller har man behov for å legge inn et kostnadselement som er glemt i modellen. Dessuten kan det være andre praktiske hensyn som fører til at man må gjøre tilpasninger direkte i kostnadskalkylen, som for eksempel ved sykdom.

I en overgangsfase må man også være bevisst på hvordan automatiserte prosesser krever standardisering og det forutsetter at mennesker endrer måten å jobbe på. Prosessen må være robust nok til at man kan håndtere situasjoner hvor menneskene ikke følger den nye prosessen 100%. Hvis ikke vil ressursene sannsynligvis gå tilbake til det som alltid har fungert – manuelt arbeid.

5.3.4 Visualisering

Enkelte kalkulasjonsverktøy tilrettelegger for visualisering av modeller. Her kan man sømløst følge hvilket modellobjekt som er koblet til hvert enkelt kostnadselement. Denne visuelle koblingen gir kalkylekoordinatoren vesentlig bedre oversikt over mengdeunderlaget, sammenlignet med dagens praksis hvor det kun utveksles mengdelister, i for eksempel excel-format. Visualiseringen vil gi kalkylekoordinatoren et bedre vurderingsgrunnlag i arbeidet med kvalitetssikring.

Ved bruk av ulike analysefunksjonalitet, som vist i Figur 19 og Figur 20, vil man også ha gode forutsetninger for å identifisere eventuelle kostnadsreducerende tiltak i visualiseringen.

5.4 Mennesker

Balansekunst

La oss si at man har et trebenet bord. For at bordet skal fungere godt, må bena være like lange. Dersom man kutter eller forlenger ett ben, må man også justere øvrige ben for å opprettholde bordplattens balanse.

I overført betydning får man ikke et balansert forhold mellom menneskene som skal utføre jobben, kalkulasjonsprosessen som fører frem til komplett kostnadskalkyle og teknologiske verktøy som skal hjelpe oss med å effektivt utføre arbeidet, om man kun fokuserer på å utvikle f.eks. teknologien. Intervjupersonene virker å ha et spesielt fokus på teknologi og hvordan dette kan eller bør videreutvikles, noe Dave *et al.* (2008) mener vil kunne påvirke utviklingen i negativ retning.

Spørsmålene i intervjuguiden har trolig i større grad vært rettet mot teknologi og prosess enn mennesker, så det kan ha påvirket intervjupersonene. Man kan likevel bite merke i at det kom ingen svar som tar for seg behov for opplæring og tilegning av ny kunnskap, som følge av nye prosesser og teknologi.

5.4.1 Skjønn

Som rådgiver i bygg- og anleggsbransjen må man ofte basere valg på magesfølelse og erfaring. Dette er personavhengig, og to personer vil ikke nødvendigvis komme frem til samme svar. Dette forsterkes når underlaget ikke er entydig, men må tolkes. Disse

valgene vil med fordel kunne understøttes av visuelle fremstillinger av modell hvor det er mindre rom for tolkning, sammenlignet med tegninger.

Når modell- og kalkulasjonsverktøyene kommuniserer og det er 1 til 1 mellom modell og kostnadskalkyle vil man redusere behov for skjønn. Det vil likevel være unntak der kostnadselementer i kostnadskalkylen ikke er basert på modell og man må gjøre skjønnsmessige vurderinger.

5.4.2 Kost-/nyttevurderinger

Innføring av nye metoder med modellbasert kostnadskalkulasjon vil møte flere utfordringer. Et hinder på veien kan være å få tillitt fra ledelsen. Det må investeres tid og penger i arbeid som først gir positive effekter på sikt. På sikt i dette tilfellet kan både bety sent i forprosjektfasen eller først når metoden er testet i flere prosjekter. Både intervjupersoner og litteraturen påpeker at automatiseringen bør medføre en effektivisering av arbeidet sammenlignet med dagens praksis og redusere medgått tid.

Det kan likevel være relevant å stille seg spørsmålet om redusert tidsbruk totalt sett faktisk er et mål. Sett i sammenheng med store kostnadsoverskridelser som stadig omtales i media, kan det diskuteres om kvalitet på kalkulasjonsarbeidet er vel så viktig som tidsbruken. Effektivisering av dagens tradisjonelle metoder i kalkulasjonsarbeidet vil kunne frigjøre tid til en slik kvalitetssikring.

Det er ikke gitt at rådgivere og byggherrer ser nytten ved å investere mer tid i modellen, selv om det vil kunne skape bedre underlag for kostnadsvurderinger. Den ekstra informasjonsberikelsen vil imidlertid også kunne gi nytte til andre formål modellen tjener, utover behovet til kostnadskalkulasjon.

5.4.3 Endringsholdning

Flere intervjupersoner opplever at disiplinledere som rapporterer input til kostnadskalkylen gir uttrykk for at «*min metode er den beste*». Hvis man mener at man har utviklet en uslåelig metode, vil utviklingen stagnere. Dette rimer også godt med hva filosofen Hoffer, referert i Hardin og McCool (2015, s. 7), en gang sa:

«In times of change, learners inherit the earth, while the learned find themselves beautifully equipped to deal with a world that no longer exists.»

I praksis møter man sannsynligvis umiddelbar motstand fra den viktigste brikken i spillet, nemlig menneskene som skal utføre jobben. Denne holdningen kan vanskeliggjøre innføring av ny teknologi, som i stor grad krever menneskene tilpasser seg prosessuelle endringer for å få den effekten man ønsker.

6 Oppsummering og konklusjon

6.1 Oppgavens validitet og reliabilitet

Validitet

Ved å benytte flere ulike datakilder, kan validiteten til studien styrkes, da påstander blir begrunnet på bakgrunn av ulike perspektiver. Validiteten til case- og dokumentstudiene anses å være sterk i forhold til problemstillingen som skal besvares. Empirien har blitt nøye utvalgt basert på oppgavens problemstilling med tilhørende underbyggende forskningsspørsmål, i et reelt infrastrukturprosjekt som har benyttet modellbasert kostnadskalkulasjon i forprosjektfasen.

Reliabilitet

Intervjuene har naturligvis ikke like høy reliabilitet som øvrige undersøkelser i denne oppgaven. Forskerens påvirkning og intervjupersonens subjektivitet kan påvirke nøytraliteten i resultatene. Intervjupersonene har imidlertid blitt valgt ut på bakgrunn av deres varierende grad av erfaring med, og ikke minst ulike synspunkter på, modellbaserte kostnadskalkyler. Fordelen med case-, dokument- og litteraturstudiene er at disse dokumentene ikke endrer seg. Dette er med på å styrke reliabiliteten til resultatene.

6.2 Teoretisk bidrag

Formålet med denne oppgaven har i utgangspunktet vært å belyse hvilke effekter man kan hente ved å knytte modell opp mot kostnadskalkyle i forprosjektfasen av typiske infrastrukturprosjekter. Det er mye forskning som beskriver hvilke effekter kobling mellom modell og kostnadskalkyle vil kunne ha. Det som imidlertid skiller denne oppgaven fra de litterære kildene som er brukt, er fokus på forprosjektfasen i store prosjekter, slik den er beskrevet i Statens Prosjektmodell (vedlegg 2), samt avgrensningene som er gjort knyttet til rammeverk i form av NS 3420.

NS 3420-koders egnethet som pridentifikator

Rammeverket NS 3420 er mye brukt i bygg- og anleggsbransjen ved utarbeidelse av prosjektbeskrivelser som en del av konkurransegrunnlaget. Tilbud fra entreprenører på NS 3420-beskrivelser i et prosjekt, danner også grunnlag for erfaringspriser når konsulenter skal kostnadskalkulere i neste prosjekt. Det har derfor vært interessant å undersøke om det samme rammeverket kan egne seg koding av modellobjekter i modeller for å knytte disse mot kostnadselementer i kostnadskalkyler, også i forprosjektfasen. Samtidig er det nødvendig å ha med seg at detaljeringsgraden på modeller i den aktuelle fasen ikke er like høy som ved utarbeidelse av ovennevnte prosjektbeskrivelser. Dersom man skal ivareta stikkord og andre krav i NS 3420-poster som ikke har direkte innvirkning på NS 3420-koden, vil man ha «uendelig» mange varianter av de samme NS 3420-kodene. Detaljeringsgraden i modell harmonerer med andre ord ikke med fullstendige NS 3420-poster. Derfor har det vært naturlig å isolere selve NS 3420-koden, uten å inkludere stikkord og andre krav som defineres i en typisk NS 3420-post.

For å få en komplett NS 3420-kode må man i mange tilfeller definere utvalgte spesifikasjoner fra en forhåndsdefinert liste. Det varierer fra post til post hvor mange valgbare spesifikasjoner som må fylles ut for å få en komplett NS 3420-kode. Et interessant funn er at en komplett NS 3420-kode isolert sett ikke nødvendigvis representerer de prisdrivende faktorene til NS 3420-posten. I praksis betyr det at NS 3420-koden ikke kan benyttes som pridentifikator og som egenskap for å koble modellobjektet i modellen med kostnadselementet i kostnadskalkylen.

Detaljeringsgrad i modell vs. kostnadskalkyle

Detaljeringsgrad er essensielt i vurderingen om det er hensiktsmessig å knytte modell sammen med kostnadskalkylen i forprosjektfasen. Det vil være tilfeller hvor modeller ikke etableres i det hele tatt. I mange tilfeller vil også detaljeringsgraden i modell være så lav at det er tilnærmet ingenting å hente. Dette kan for eksempel gjelde premissgivende disipliner som brannsikkerhet og akustikk, men også teknisk disipliner som elektro og VVS. De store tunge disiplinene, som for eksempel arkitektur, konstruksjon og terrengarbeider har bedre forutsetninger for å benytte modell som underlag for kostnadskalkulasjon, da de tradisjonelt bruker mer tid på detaljering i forprosjektfasen.

I et forprosjekt vil ikke modellen ende opp på et detaljeringsnivå som harmonerer med et typisk NS 3420-nivå. Modellobjektene som blir modellert i forprosjektfasen representerer gjerne et sluttresultat og ikke nødvendigvis alle kostnadsbærende prosesser/leveranser som fører frem til resultatet. Man bør derfor se på metoder som tilrettelegger for at ett modellobjekt kan representere flere NS 3420-poster, i denne oppgaven kalt prisligner. For å sikre at kvaliteten ivaretas, må man definere retningslinjer for hva som skal fremkomme av modell og hva som blir håndtert av underliggende prisligner – slik at det ikke blir opp til hver enkelt ressurs å vurdere «hva som er nok». Man risikerer eventuelt å miste kontrollen.

6.3 Praktisk bidrag

Behov for standardisering

Da NS 3420-koder isolert sett ikke egner seg for å knytte modellobjekter opp mot kostnadselementer i forprosjektfasen direkte, er det behov for å se på et alternativt rammeverk. Et slikt rammeverk bør tilrettelegge for at modellobjekter kan representere enten én eller flere prispåbærende poster på NS 3420-nivå. Det bør samtidig kodes slik at man kan skille på modellobjekter basert på prisdrivende faktorer. I denne oppgaven er det identifisert tre egenskaper som bør ivaretas av en slik kode, for at den skal kunne benyttes som pridentifikator:

- Type objekt
- Materiale
- Dimensjon

Disse faktorene kan variere med disipliner og bør vurderes nærmere med hensyn på et helhetlig rammeverk.

Det er flere aktører som har insentiver for etablering av et slikt rammeverk. Noen vil peke på konsulentene, som har ansvar for effektiv kostnadskalkulasjon med høy kvalitet. Andre vil si at det er opp til bestillerne, som har ønske om og behov for å øke kvaliteten på sitt styringsunderlag. Standard Norge har for øvrig ansvar for standardiseringsoppgaver og enerett på å utgi Norsk Standard. Da det er flere som har

insentiver, er det risiko for at oppgaven faller mellom flere stoler. Det kan resultere i at ingen gjør noe og utviklingen stagnerer, eller at man ender opp med egendefinerte firmastandarder internt i de selskapene som ser de potensielle gevinstene.

Automatisering

Automatisering fordrer struktur. Dersom man har et rammeverk som er bygd slik at et modellobjekt kan linkes mot et kostnadselement ved hjelp av en kode, kan prosessen med å skape kostnadselementer basert på modellen automatiseres i et kalkulasjonsverktøy. Denne tekniske løsningen eksisterer i dag, men det er altså rammeverket som mangler.

Selv om et slikt rammeverk kommer på plass er det viktig å ha med seg at ikke alle prosesser kan automatiseres. Det vil alltid være behov for fleksibilitet til å utføre skjønnsmessige vurderinger, hvor tankevirkomheten til menneskene som utfører jobben er helt essensiell.

Omfordeling av ansvar og behov for teknologisk kompetanse

I praksis vil en produksjonsressurs få økt ansvar knyttet til kostnadskalkulasjon ved bruk av modell som underlag mengdeuttak. Denne ressursen vil naturlig få ansvar for å angi egenskaper som skal kunne knytte modellobjekter mot kostnadselementer. Samtidig vil disiplinleders oppgaver i større grad dreie seg om kvalitetssikring av at modellobjekter har blitt knyttet til riktig kostnadselement og sørge for at eventuelle feil blir korrigert. Kalkylekoordinatoren vil også få redusert mengden repetitive arbeidsoperasjoner, men økt overordnet ansvar for at sammenstilling og kvalitetssikring. Nye metoder med modellbasert kostnadskalkulasjon krever også at kalkylekoordinatorene har tilstrekkelig teknologisk kompetanse.

Endring av arbeids- og ansvarsfordeling vil også kreve at menneskene som skal utføre arbeidet er villig til å omfavne nye oppgaver og tilegne seg den kunnskapen som nødvendig. Med oppgaver som i stor grad er utført av tungt erfarne seniorressurser, er det nærliggende å tro at innføring av nye metoder kan by på utfordringer.

Positive effekter - med en rekke forutsetninger

Basert på resultatene fra undersøkelsene som er gjennomført i denne oppgaven, oppsummeres noen effekter ved å knytte modell opp mot kostnadskalkylen i prosjektgjennomføring av typiske infrastrukturprosjekter;

- Mindre personlig skjønn i mengderapportering. Man vil i større grad sikre 1:1-forhold mellom mengdeunderlag i modell og kostnadselementer i kostnadskalkylen, der modellobjekter er knyttet direkte mot kostnadselementer. Dette sikrer økt kvalitet på dokumentasjon av mengdeunderlag i kostnadskalkylen.
- Man vil i større grad kunne bruk tid på kvalitetssikring fremfor manuelt repetitive operasjoner i kalkulasjonsarbeidet
- Tidsbruk ved iterative kostnadsvurderinger har potensiale for å bli vesentlig redusert og kan dermed føre til kostnader i større grad styrer prosjekteringen
- Det kan bidra til tettere samarbeid mellom produksjonsressurs og disiplinleder knyttet til mengdeuttak, samtidig som det kan gi et tydeligere grensesnitt og ansvarsfordeling

Disse effektene kommer med en rekke forutsetninger;

- Rammeverk for koding av modellobjekter og kostnadselementer må etableres. Det kan være på prosjekt- eller firmanivå, eller ved etablering av nasjonale/globale standarder.
- Man er avhengig av tilstrekkelig detaljeringsnivå i modell. Det er ikke nødvendigvis entydig hva tilstrekkelig betyr på generelt grunnlag. Det er likevel viktig at detaljeringsnivået er omforent i det aktuelle prosjektet.
- Automatisering av prosesser knyttet til modellbasert kostnadskalkulasjon fordrer god struktur i registre for kostnadselementer – også for utendørsarbeider.

Med disse effektene og forutsetningene mener jeg det er vel verdt å utforske videre hvordan man kan og bør tilrettelegge for bruk av modeller inn i kostnadskalkyler.

6.4 Videre arbeid

Modeller gjør seg stadig mer relevante og de benyttes ofte til nye formål. Samtidig ser ikke kostnadssprekker i store komplekse prosjekter ut til å være en mangelvare i bygg- og anleggsbransjen i Norge. Å forske videre på modellbasert kostnadskalkulasjon i tidligfase anses derfor å være relevant.

Denne oppgavens omfang og avgrensninger er omtalt i kapittel 1.3. Videre forskningsarbeid anbefales å fokusere på nettopp de temaene som er utelukket i denne oppgaven som følge av oppgavens tidsbegrensning. Det er blant annet nødvendig å undersøke flere disipliner nærmere for å se om det er sammenfallende eller motstridende behov knyttet til etablering av et felles rammeverk for modellbaserte kostnadskalkyler.

Referanser

- Alzraiee, H. (2020) Cost estimate system using structured query language in BIM, *International Journal of Construction Management*, s. 1-13. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1823061>
- Andersen, S. S. (2013) *Casestudier - forskningsstrategi, generalisering og forklaring*. 2. Fagbokforlaget.
- Avinor (2022) *Ny lufthavn Bodø - Fakta og bakgrunn*. Tilgjengelig fra: <https://avinor.no/konsern/flyplass/bodo/nye-bodo-lufthavn/fakta-og-bakgrunn/> (Hentet: 1. april 2022).
- Cheung, F. K. T. *et al.* (2012) Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models, *Automation in Construction*, 27, s. 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.008>
- Choi, J., Kim, H. og Kim, I. (2015) Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage, *Journal of computational design and engineering*, 2(1), s. 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2014.11.002>
- Clark, M. T. og Alzraiee, H. S. (2019) *A Framework for BIM Model-Based Construction Cost Estimation*. Upublisert paper presentert på CSCE Annual Conference. Laval, Greater Montreal.
- Dalland, O. (2020) *Metode og oppgaveskriving*. 7. Norge: Gyldendal Akademisk.
- Dave, B. *et al.* (2008) A critical look at integrating people, process and information systems within the construction sector, *Proceedings of IGLC16: 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, s. 795-807.
- Elbeltagi, E. *et al.* (2014) BIM-Based Cost Estimation/ Monitoring For Building Construction, *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 4, s. 56-66.
- Elghaish, F. *et al.* (2020) Revolutionising cost structure for integrated project delivery: a BIM-based solution, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(4), s. 1214-1240. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2019-0222>
- Fazeli, A. *et al.* (2021) An integrated BIM-based approach for cost estimation in construction projects, *Engineering, construction, and architectural management*, 28(9), s. 2828-2854. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2020-0027>
- Finansdepartementet (2019) *Statens prosjektmodell - Krav til utredning, planlegging og kvalitetssikring av store investeringsprosjekter i staten*. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_108_2019.pdf (Hentet: 13. mars 2022).

Firat, C. E. *et al.* (2010) Quantity take-off in model-based systems, i *27th CIB W78 Conference, Cairo, Egypt, November 2010*. CIB.

Furseth, I. og Everett, E. L. (2020) *Masteroppgaven: Hvordan begynne - og fullføre*. 3. Universitetsforlaget.

Hardin, B. og McCool, D. (2015) *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*. 2. Canada: John Wiley & Sons Inc.

Holte Consulting, Menon Economics og A-2 Norge (2021) *Kvalitetssikringsrapport KS2 Flytting Bodø lufthavn med tilleggsoppgaver*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/5ecb71d1696a44bab61aa71d3c3156cb/ks2-flytting-bodo-lufthavn-nett.pdf> (Hentet: 20. mars 2022).

Khosakitchalert, C., Yabuki, N. og Fukuda, T. (2019) Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements, *Automation in Construction*, 106, s. 102891-undefined. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102891>

Khosakitchalert, C., Yabuki, N. og Fukuda, T. (2020) Automated modification of compound elements for accurate BIM-based quantity takeoff, *Automation in Construction*, 113, s. 103142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103142>

Kvale, S. og Brinkmann, S. (2015) *Det kvalitative forskningsintervju*. 3. Norge: Gyldendal akademisk.

Liu, H. *et al.* (2022) A knowledge model-based BIM framework for automatic code-compliant quantity take-off, *Automation in Construction*, 133, s. 104024. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104024>

Mêda, P. *et al.* (2020) *People, Process, Technology in Construction 4.0 - Balancing knowledge, distrust and motivations*. Upublisert paper presentert på Proc. 37th CIB W78 Information Technology for Construction Conference. São Paulo, Brazil.

Monteiro, A. og Martins, J. P. (2013) A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design, *Automation in Construction*, 35, s. 238-253. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.005>

Morgan, J. og Liker, J. (2006) *The Toyota Product Development System*.

NOIS og BA *Norsk Prisbok - Innhold*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskprisbok.no/Content.aspx> (Hentet: 31. mars 2022).

Plebankiewicz, E., Zima, K. og Skibniewski, M. (2015) Analysis of the First Polish BIM-Based Cost Estimation Application, *Procedia Engineering*, 123, s. 405-414. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.064>

Sacks, R. et al. (2018) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. 3. John Wiley & Sons Inc.

Samset, K. F. (2014) *Prosjekt i tidligfasen - Valg av konsept*. 2. Norge: Fagbokforlaget.

Shelbourn, M. et al. (2007) Planning and implementation of effective collaboration in construction projects, *Construction Innovation: Information, Process, Management*, 7, s. 357-377. <https://doi.org/10.1108/14714170710780101>

Shen, Z. og Issa, R. (2009) Quantitative evaluation of the BIM assisted construction detailed cost estimates, 15.

Soto, B. G. d. og Adey, B. T. (2016) Preliminary Resource-based Estimates Combining Artificial Intelligence Approaches and Traditional Techniques, *Procedia Engineering*, 164, s. 261-268.

Standard Norge (2016) *NS 3453 Spesifikasjon av kostnader i et byggeprosjekt*.

Tilgjengelig fra:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=819560> (Hentet: 10. mars 2022).

Standard Norge (2022a) *NS 3420 Beskrivelsessystem bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra:

<https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/ns-3420-/> (Hentet: 16. mars 2022).

Standard Norge (2022b) *NS 3451 Bygningsdelstabell*. Tilgjengelig fra:

<https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/ns-3420-/ns-3450----ns-3451---ns-3459-2/> (Hentet: 16. april 2022).

Tjora, A. (2021) *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 4. Norge: Gyldendal Akademisk.

Vitásek, S. og Matějka, P. (2017) Utilization of BIM for automation of quantity takeoffs and cost estimation in transport infrastructure construction projects in the Czech Republic, i *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng, Bristol, 2017*. Bristol: IOP Publishing, s. 12110.

Wahab, A. og Wang, J. (2022) Factors-driven comparison between BIM-based and traditional 2D quantity takeoff in construction cost estimation, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(2), s. 702-715. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2020-0823>

Wilkinson, P. (2005) *Construction Collaboration Technologies: An Extranet Evolution*. 1. London: Routledge.

Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide

Vedlegg 2: Kort beskrivelse av Statens prosjektmodell

Vedlegg 3: NS 3420 – Deler

Vedlegg 1: Intervjuguide

Intervjuobjekter:

1. Intervju 1 (I1):
 - BIM-koordinator, Ny lufthavn Bodø
 - Modellbasert kalkulasjon
 - Bakgrunn fra landbaserte olje- og gassprosjekter
2. Intervju 2 (I2):
 - Erfaren kalkylekoordinator
 - Modellbasert kalkulasjon
 - Bakgrunn fra landbaserte olje- og gassprosjekter
3. Intervju 3 (I3):
 - Fagansvarlig teknisk infrastruktur
 - Avdelingsleder (Struktur i Norconsult: Konsern>Hovedkontor>Divisjon>Avdeling>Gruppe>Ressurser)
4. Intervju 4 (I4):
 - Kalkylekoordinator
 - Fagansvarlig VA
 - Gruppeleder (Struktur i Norconsult: Konsern>Hovedkontor>Divisjon>Avdeling>Gruppe>Ressurser)
5. Intervju 5 (I5):
 - Fagansvarlig elektro

Generell informasjon

- Fortell litt om meg selv (jobb, kveldsjobb)
- Hvorfor? – Fortelle hva formålet med intervjuet er og hvorfor det er interessant å se på dette? Hvorfor skal intervjuobjektene bruke tid på dette?
- Anonymitet? – Fortelle hvordan dataene blir behandlet. Avklare tillatelse til å ta opp intervjuet.
- Referat – Kontroll av referat fra intervjuobjekter
- Innhold – Kort gjennomgang av hva intervjuet skal handle om.
- Tid – Intervjuet består av 17 spørsmål og vil vare ca. 1 time.

Forskningsspørsmål:

1. *Hvordan utføres mengdeuttak til kostnadskalkyler i dag ved prosjektgjennomføring av;*
 - a. *Anleggsarbeider for typiske infrastrukturprosjekter?*
 - b. *Anleggsarbeider for landbaserte olje- og gassprosjekter?*
2. *Hvordan bør BIM-modeller kobles opp mot kostnadskalkyler ved prosjektgjennomføring av typiske infrastrukturprosjekter?*

Spørsmål:

Generell del - Bakgrunnen til intervjuobjektene

1. Intervjuobjekt (eks. DL-VA):
2. Hva er din bakgrunn?
 - a. Alder
 - b. Utdanning (grad/eksamineringsår)
 - c. Stilling
3. Hva er dine typiske arbeidsoppgaver?
4. Hvilke erfaringer har du i forbindelse med utarbeidelse av kostnadskalkyler?

Prosess

5. Mengdeuttak til kostnadskalkyle;
 - i. Hvordan utføres som hovedregel mengdeuttak i dag?
 - ii. Hvordan bør mengdeuttak utføres ved bruk av BIM?
6. Arbeids- og ansvarsfordeling:
 - a. Arbeidsfordeling i kalkulasjonsarbeidet;
 - i. Hvordan er arbeidsfordelingen mellom junior og seniorressurser i dag?
 - ii. Hvordan bør arbeidsfordelingen mellom junior og seniorressurser være?
 - b. Ansvar for mengdeuttak;
 - i. Hvem har som hovedregel ansvaret for å identifisere mengder i dag?
 - ii. Hvem bør ha ansvaret for å identifisere mengder?
 - c. Ansvar for å definere struktur;
 - i. Hvem har som hovedregel ansvaret for å definere hvordan mengdeuttaket skal struktureres i dag?
 - ii. Hvem bør ha ansvaret for å definere hvordan mengdeuttaket skal struktureres?
 - d. Ansvar for å definere priser;
 - i. Hvem har som hovedregel ansvaret for å definere priser i dag?
 - ii. Hvem bør ha ansvaret for å definere priser?
 - e. Ansvar for kvalitetssikring;
 - i. Hvem har som hovedregel ansvaret for å kvalitetssikre at mengder og priser blir korrekt knyttet sammen i dag?
 - ii. Hvem bør ha ansvaret for å kvalitetssikre at mengder og priser blir korrekt knyttet sammen?

7. Informasjonsbehov ved kostnadskalkulering
 - a. Informasjonens detaljeringsnivå;
 - i. Hvor detaljert er som hovedregel informasjonen du får fra mengdeuttak i dag?
 - ii. Hvor detaljert bør informasjonen du får fra mengdeuttak være? *«Ved utarbeidelse av en NS 3420 beskrivelse for anbudsgrunnlag opererer man med fullstendige koder, tilleggsopplysninger og i mange tilfeller andre krav. Informasjonen som trengs for å definere komplette NS-poster er kanskje ikke tilgjengelig på tidspunktet det skal utarbeides kostnadskalkyle i forprosjektet.»*
 - b. NS 3420-koders egnethet som pridentifikator;
 - i. Hvilken informasjon ligger i NS 3420-kodene i dag (selve koden, ikke komplett post med all tilleggsinformasjon)?
 - ii. Hvilken informasjon bør være med i NS 3420-koder, dersom om de skal benyttes som pridentifikator i et forprosjekt?
 - c. Ivaretagelse av manglende informasjon i NS 3420-koder;
 - i. Hvordan håndteres den nødvendige informasjonen knyttet til kostnadskalkulering som faller utenfor det som defineres i NS-koden?
8. Iterasjoner
 - i. Hvordan kan automatisk mengdeuttak fra BIM forbedre vurdering av ulike løsninger? (*alternativsvurderinger, kutt-/optimaliseringstiltak*)

Teknologi

9. Overføring av mengder til kalkulasjonsverktøy;
 - i. Hvordan overføres mengdene til kalkulasjonsverktøyet i praksis i dag?
 - ii. Hvordan bør mengdene overføres til kalkulasjonsverktøyet?
10. Standardisering og erfaringsoverføring;
 - i. Hvor standardisert er datastruktur for mengdeuttak til kalkulasjon i dag?
 - ii. På hvilket nivå bør datastruktur for mengdeuttak til kalkulasjon standardiseres?
11. Automatisering;
 - i. Hvilke prosesser knyttet til mengdeuttak er automatisert i dag?
 - ii. Hvilke prosesser knyttet til mengdeuttak bør automatiseres?
 - iii. Bonus: Hvilke prosesser knyttet til mengdeuttak kan ikke automatiseres og hvorfor?

Mennesker

12. Kost-/nyttevurderinger

a. Kost-/nytte

- i. Hvilken nytte tror du automatisk mengdeuttak fra BIM vil ha?
- ii. Hva må fungere for at automatisk mengdeuttak fra BIM skal være verdt å bruke tid på å implementere som standard praksis?

13. Hvordan kan automatisk mengdeuttak brukes til å jobbe mer effektivt?

a. Opplevelse av arbeidsmengde

- i. Hvordan tror du automatisk mengdeuttak påvirker arbeidsmengden i dag?
- ii. Hvordan bør automatisk mengdeuttak påvirke arbeidsmengden?

14. Endringsholdning

- i. Er det rom for å endre rutiner knyttet til kostnads kalkulering?
- ii. Hvem pusher på eller holder igjen for å endre rutiner knyttet kostnads kalkulering?

15. Ledelse

- i. Er ledelsen villig til å investere tid til å utforske arbeidsmetodikk med automatisk mengdeuttak fra BIM i dag?

Avsluttende del

16. Er det andre jeg burde intervjuet - som kan noe om dette?

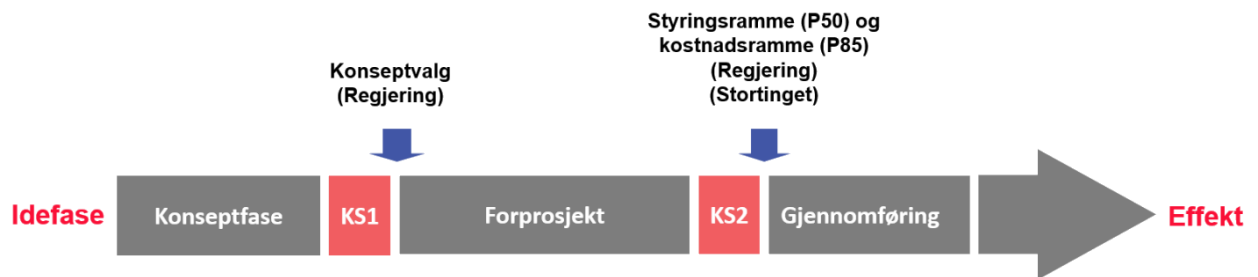
17. Er det andre spørsmål jeg burde ha stilt?

18. Er det greit at jeg tar kontakt igjen hvis det dukker opp andre ting jeg burde spurt om?

Vedlegg 2: Kort beskrivelse av Statens prosjektmodell

I store statlige investeringsprosjekter stiller Finansdepartementet krav til utredning, planlegging og kvalitetssikring. Kravene fremgår av Statens prosjektmodell. Kravene slår først til når investeringsprosjektene har en anslått kostnadsramme over terskelverdien på 1 milliard kroner (300 millioner for digitaliseringsprosjekter), men det påpekes at modellen kan anvendes i mindre prosjekter (Finansdepartementet, 2019).

Statens prosjektmodell setter blant annet krav til faseinndeling som består av; idéfase, konseptfase, forprosjekt og gjennomføring med tilhørende milepeler som vist i figuren under.



Figur: Faseinndeling i Statens Prosjektmodell (Finansdepartementet, 2019)

I et prosjekt foretas beslutning om konseptvalg på bakgrunn av en konseptvalgutredning (KVU) og kvalitetssikringen av denne (KS1). Konseptvalget som foretas av regjeringen danner grunnlaget for forprosjektet og det etableres i mange prosjekter styringsmål, hvor prosjekteier så langt det er mulig skal styre kostnadene mot det fastsatte målet. I forprosjektet skal det da etableres rutiner for kostnadsstyring og endringshåndtering.

I løpet av forprosjektet skal det utarbeides kostnadsestimat som representerer basiskostnaden, som er summen av grunnkalkyle og uspesifiserte kostnader. Uspesifiserte kostnader i dette tilfellet korrigerer for at kalkulasjonsmetoden ikke fanger opp de reelle kostnadene, og defineres gjerne som «kostnader som man av erfaring vet vil komme, men som ikke er kartlagt på grunn av manglende detaljeringsgrad».

Formålet med endringsloggen som etableres og ferdigstilles i løpet av forprosjektfasen, er å synliggjøre endringer som er iverksatt og kostnadskonsekvensen disse medfører, enten positiv eller negativ. Det skal dokumenteres begrunnelse for endringene og hvem som besluttet å gjennomføre disse.

Vedlegg 3: NS 3420 – Deler

A	Etablering, drift og avvikling av bygge- og anleggsplass
B	Sammensatte elementer og systemer
BE	Bygningselementer
BM	Ventilasjonstekniske systemer
BN	Elektrotekniske systemer
BQ	Heiser, løfteplattformer, rulletrapper og rullende fortau
BR	Gods- og varetransportører
BS	Taubaneinstallasjoner for persontransport
BW	Seksjoner av byggverk
CD	Miljøsanering, demontering og riving
CH	Hulltaking og slissing
CU	Sanering av sopp og skadedyr
D	Undersøkelser, registreringer og kontroll
F	Grunnarbeider
G	Grunnarbeider – Del 2
J	Dekke- og banearbeider
K	Anleggsgartnerarbeider
L	Betongarbeider
N	Mur- og flisarbeider
P	Metallarbeider
PN	Blikkenslagerarbeider
Q	Tømrerarbeider
R	Montasje- og innredningsarbeider
SB	Isolering
SF	Tetting
SH	Passiv brannbeskyttelse
SL	Undertak og tekking
T	Maler- og beleggarbeider
U	Rørinstallasjoner
V	Ventilasjonsinstallasjoner
W	Installasjoner for elkraft og ekom
X	Utstyr for elkraft og ekom
Y	Spesielle tekniske installasjoner og anlegg
YB	Systemer for bygningsautomatisering og -sikkerhet
Z	Drift og vedlikehold
ZK	Skjøtsel og drift av park- og landskapsområder

